

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

JPA 10-097640

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10097640 A

(43) Date of publication of application: 14.04.98

(51) Int. Cl

G06T 15/00

(21) Application number: 09199522

(22) Date of filing: 25.07.97

(30) Priority: 27.09.96 US 96 723970
05.08.96 US 96 23143

(71) Applicant: INTERNATL BUSINESS MACH
CORP <IBM>

(72) Inventor: JAMES S RIPUSUKOMU
WILLIAM LOUIS RUKEN
JAI P MENON

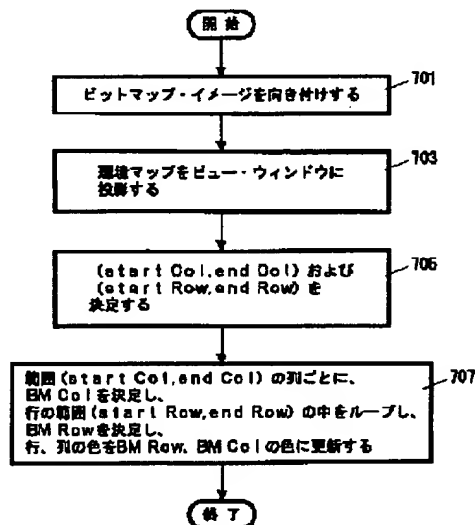
(54) METHOD AND DEVICE FOR OVERLAYING BIT
MAP IMAGE UPON ENVIRONMENTAL MAP

COPYRIGHT: (C)1998,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To integrate bit map images into a panorama image.

SOLUTION: An environmental map is projected upon a view window containing a pixel array by directing bit map images toward the coordinate system of the environmental map and the elements of the pit map image corresponding to pixels in the view window is decided for at least one pixel in the view window covered by the view window. Then the color value of the pixel is deduced based on the color value of the corresponding element of the bit map image and stored for displaying the deduced color value of the pixel in the view window. In the depth value related to the pixel and element, in addition, the color value of the pixel in the view window is deduced based on the color value of the corresponding element of the bit map image and stored for displaying the deduced color value of the pixel when it is indicated that at least one element of the bit map image is closer to a view point than the pixel in the view window.



THIS PAGE BLANK (USPTO)

(51) Int.Cl.⁶

G 0 6 T 15/00

識別記号

F I

G 0 6 F 15/62

3 6 0

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全 25 頁)

(21) 出願番号 特願平9-199522

(22) 出願日 平成9年(1997) 7月25日

(31) 優先権主張番号 08/723970

(32) 優先日 1996年9月27日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(31) 優先権主張番号 60/023143

(32) 優先日 1996年8月5日

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 390009531

インターナショナル・ビジネス・マシーンズ・コーポレーション

INTERNATIONAL BUSINESS MACHINES CORPORATION

アメリカ合衆国10504、ニューヨーク州
アーモンク (番地なし)

(72) 発明者 ジャイムス・エス・リブスコム

アメリカ合衆国10598-4729、 ニューヨーク州
ヨークタウン ハイツイ ペイン
ストリート 1646

(74) 代理人 弁理士 坂口 博 (外1名)

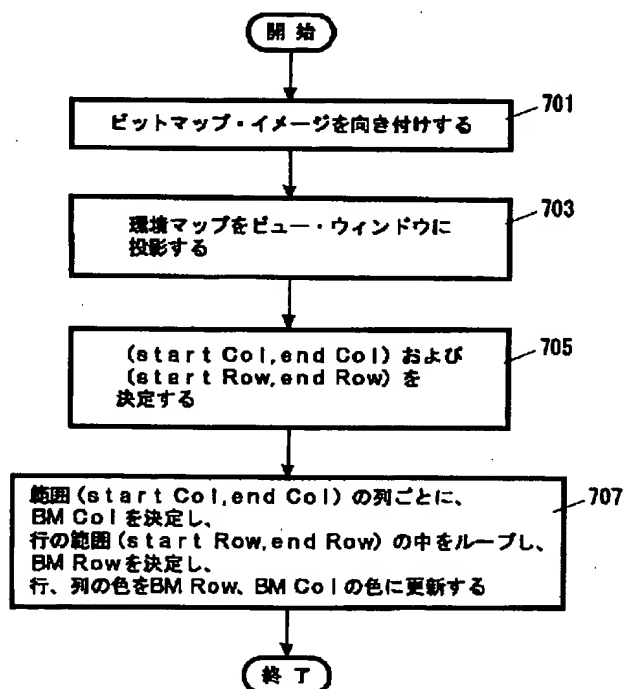
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ビットマップ・イメージを環境マップにオーバーレイする方法および装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 ビットマップ・イメージをパノラマ・イメージに統合する。

【解決手段】 環境マップの座標系に対してビットマップ・イメージを向き付けし、環境マップをピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影し、ビットマップ・イメージによってカバーされるビュー・ウィンドウの少なくとも1個のピクセルについて、ビュー面のピクセルに相当するビットマップ・イメージの要素を決定し、ビットマップ・イメージの相当する要素の色値に基づき、ピクセルの色値を導出し、ビュー・ウィンドウのピクセルの導出した色値を表示のために記憶する。また、ピクセルに関連する深さ値及び要素に関連する深さ値では、ビットマップ・イメージの少なくとも1個の要素がビュー・ウィンドウのピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すとき、ビットマップ・イメージの相当する要素の色値に基づき、ビュー・ウィンドウのピクセルの色値を導出し、ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】シーンのビューを生成する方法であって、
前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、
前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、
前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、
前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、
前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、
前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 2】シーンのビューを生成する方法にあって、

前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記ビットマップ・イメージの要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、
前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、
前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、
前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、
前記ピクセルと関連する深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すならば、
前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、
前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とする方法。

【請求項 3】前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個

のピクセルについて、

前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントから遠いことを示すならば、
前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出し、
前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する請求項 2 記載の方法。

【請求項 4】前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する深さ値を深さバッファに記憶する請求項 3 記載の方法。

【請求項 5】前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、
前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントに近いことを示すならば、
前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値にしたがって、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を更新する請求項 4 記載の方法。

【請求項 6】前記環境マップの前記要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップをさらに含み、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値から導出する請求項 2 記載の方法。

【請求項 7】シーンのビューを生成する方法ステップを実行するために機械によって実行可能な命令のプログラムを具現化する機械読み出し可能なプログラム記憶装置において、前記方法ステップが、
前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、
前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、
前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、
前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、
前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、
前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステ

10

20

30

40

50

ップと、

前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とするプログラム記憶装置。

【請求項 8】シーンのビューを生成する方法ステップを実行するために機械によって実行可能な命令のプログラムを具現化する機械読み出し可能なプログラム記憶装置において、前記方法が、

前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、

前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、

前記ビットマップ・イメージの要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップと、

前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、

前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、

前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、

前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、

前記ピクセルと関連する深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すならば、

前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、

前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とするプログラム記憶装置。

【請求項 9】前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、

前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントから遠いことを示すならば、

前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出し、

前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する請求項 8 記載のプログラム記憶装置。

【請求項 1 0】前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する深さ値を深さバッファに記憶する請求項 9 記載のプログラム記憶装置。

【請求項 1 1】前記ビットマップ・イメージによってカ

バーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、

前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントに近いことを示すならば、

前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値にしたがって、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を更新する請求項 1 0 記載のプログラム記憶装置。

【請求項 1 2】前記環境マップの前記要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップをさらに含み、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値から導出する請求項 8 記載のプログラム記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、一般に、画像処理システムに関し、より詳細には、ユーザが、あるシーンの多数のビューを表すデータからパノラマ三次元イメージを作成し、視ることを可能にする画像処理システムに関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】従来の三次元グラフィックス・アプリケーションおよび関連のハードウェアは、1 個以上の三次元物体からなるシーンをレンダリング（精密描画）する。物体は通常、幾何学的基本要素、たとえば三角形によって表される。物体は、基本要素の位置および色をモデル座標系の中で表すグラフィックス・データとして表される。グラフィックス・システムは、ビュー・ポイントに基づき、ビュー・ウィンドウの中に見えるようなシーンの物体を表示するシーンをレンダリングする。ユーザは、ビュー・ポイント基準（カメラ）の位置および向きを変えることにより、シーンの中を巡航することができる。加えて、ビュー・ポイント基準のあらかじめ選択した一連の位置および向きの中を巡航することにより、アニメーションを実行することもできる。

【0 0 0 3】レンダリング操作はコンピュータ集中的処理であり、したがって、通常は、特殊なグラフィックス・ハードウェアによって実行される。このようなシステムは強力ではあるが、この目的だけに用いられる特殊なハードウェアの必要性により、いぜん高価である。

【0 0 0 4】そのうえ、従来の三次元グラフィック・システムでは、ユーザがそのシーンの三次元モデル（すなわち、モデル座標系の中のシーンの幾何学的基本要素の位置および色を表すグラフィックス・データ）を提供しなければならない。このようなモデルは、ソフトウェアを周辺装置（ペン・タブレット、スキャナ、カメラな

10

20

30

40

50

ど)とともに用いて作成することができる。たとえば、フランスのDaussault社によって商品名CATIAの下で販売されているソフトウェアは、ユーザがシーンの三次元モデルを構成することを可能にする。しかし、このようなモデル作成ソフトウェアは高価であり、加えて、それほど複雑でないシーンをモデリングするのにさえ、労働力に有意な投資を要するおそれがある。

【0005】従来の三次元グラフィックス・システムに伴う高額な費用のため、三次元シーンを作成し、視るのに効果的ではあるが、限定された能力を提供する、専用のグラフィックス・ハードウェアを要することなく標準的なパーソナル・コンピュータで使用するのに適した代替解決方法が出現した。そのような方法の一つは、Apple Computer社により、Quicktime VRの商品名の下で開発、販売されているソフトウェアである。Quicktime VRソフトウェアは、二つの別個のパッケージに分割されている。コンテンツ・プロバイダに対して販売される第一のパッケージは、コンテンツ・プロバイダがあるシーンの多数のビューからパノラマ三次元イメージを生成することを可能にする教材開発支援ツールである。第二のパッケージは、消費者に配分される、消費者が、教材開発支援ツールによって作成されたパノラマ三次元イメージを視ることを可能にするビューワである。Quicktime VRシステムの動作のより詳細な説明は、Chenの「Quicktime VR - An Image-based Approach to Virtual Environment Navigation」SIGGRAPH 1995, Los Angeles, CA, p. 29-38およびApple Computer社を譲受人とするChenらへの米国特許第5, 396, 583号明細書に見ることができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】Quicktime VRシステムは、シーン(イメージの総体)のパノラマ・ビューを表すために円筒環境マップを使用する。円筒環境マップを所望のビュー・ウィンドウにマッピングすることにより、異なる透視的ビューをレンダリングする。しかし、Quicktime VRシステムの限界の一つは、このシステムが、円筒環境マップとは別にあるビットマップ・イメージをパノラマ・シーンに統合する能力を有しないことにある。

【0007】したがって、当該技術において、ビットマップ・イメージをパノラマイメージに統合することができる三次元パノラマイメージを生成し、視るための費用効果的なシステムを提供する必要がある。

【0008】

【課題を解決するための手段】従来技術に伴う上述の問題およびその関連の問題は、シーンを表す環境マップの要素と関連する色値と、環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値とをメモリに記憶することによってシーンのビューを生成する、ビットマップ・イメージを環境マップにオーバーレイするための

本発明の原理、方法および装置によって解決される。環境マップの座標系に対してビットマップ・イメージを向き付けする。環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影する。ビットマップ・イメージによってカバーされるビュー・ウィンドウの少なくとも1個のピクセルついて、ビュー面のピクセルに対応する、ビットマップ・イメージの要素を決定し、ビットマップ・イメージの対応する要素の色値に基づき、ピクセルの色値を導出する。ビュー・ウィンドウのピクセルの導出した色値を表示のために記憶する。

【0009】本発明はまた、ビットマップ・イメージの要素と関連する深さ値と、ビュー・ウィンドウのピクセルと関連する深さ値とをメモリに記憶する。このシナリオで、ピクセルと関連する深さ値および要素と関連する深さ値が、ビットマップ・イメージの要素がビュー・ウィンドウのピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すとき、ビュー・ウィンドウのピクセルの色値を、ビットマップ・イメージの対応する要素の色値から導出し、ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する。

【0010】

【発明の実施の形態】円筒環境のトップ部および/またはボトム部を定義するデータ含む円筒環境マップからパノラマ・シーンを生成する方法および装置を以下に記載する。

【0011】トップ・イメージおよびボトム・イメージを表すデータは、それぞれ最小および最大の仰角によって決まる円に基づいて二つの部分に分割することができる。すなわち、トップ・イメージは、最大仰角によって決まる円に基づいて二つの領域に分割することができ、ボトム・イメージは、最小仰角によって決まる円に基づいて二つの領域に分割することができる。最小および最大の仰角は、たとえば、サイド・イメージの中心の上縁および下縁に対応する仰角によって決定することができる。これらの円の外側に位置するトップ・イメージおよびボトム・イメージの領域中のイメージ・データ値は、円筒環境マップにマッピングされると、図12にXおよび*によって示す領域ならびに図12のトップおよびボトムを超えるさらなる区域を充填し、それにより、円筒環境マップによってアクセス可能である垂直方向の高さ値を延ばす。以下、トップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを円筒環境マップに統合する方法をより詳細に説明する。

【0012】円筒環境マップの各部分を記憶するのに要するデータの量は、最大および最小の高さのマップの接線に比例して増し、それが、60°を超える最大および最小仰角の場合などに実施不可能になるおそれがある。トップ・イメージおよび/またはボトム・イメージが存在しなければ、高さ値の範囲への拡張は不可能である。

【0013】これらの円の内側に位置するトップ・イメージおよびボトム・イメージの領域のイメージ・データ

10

20

30

40

50

値は、円筒環境マップにマッピングする必要はない。代わりに、これらのデータ値には、イメージ投影処理の際にアクセスして、高さ値の範囲をさらに拡張することもでき、それは、円筒環境マップによって表されるデータを視覚化するのに使用される手段によって支援することができる。すなわち、最大または最小の高さ値を超える高さ値に対応する、投影イメージ中のピクセルの色値は、前記最小および最大の仰角によって決まるトップ・イメージおよび／またはボトム・イメージの円形領域の内部から直接導出することができる。トップ・イメージおよびボトム・イメージが存在しなければ、そのような拡張された高さ値に依存する投影イメージを生成することはできない。

【0014】本発明は、たとえばパーソナル・コンピュータ、ワークステーションまたはパーソナル・コンピュータもしくはワークステーションとともに作動するグラフィックス・アダプタをはじめとする、いかなるコンピュータ処理システムでも実現することができる。図1に示すように、本発明によって用いることができるコンピュータ処理システムは、メモリ101と、少なくとも1個の中央処理装置(CPU)103(図では1個)と、少なくとも1個のユーザ入力装置107(たとえばキーボード、マウス、ジョイスティック、音声認識装置または手書き認識装置)とを含む。加えて、コンピュータ処理システムは、不揮発性メモリ、たとえば読出し専用メモリ(ROM)および／または他の不揮発性記憶装置108、たとえば、オペレーティング・システムと、メモリ101にロードされ、CPU103によって実行される1個以上のアプリケーション・プログラムとを記憶する固定ディスク・ドライブを含む。オペレーティング・システムおよびアプリケーション・プログラムの実行の際に、CPUは、不揮発性記憶装置108および／またはメモリ101に記憶されたデータを使用することができる。

【0015】加えて、コンピュータ処理システムは、CPU103と表示装置105、たとえばCRT表示装置またはLCD表示装置との間に結合されたフレーム・バッファ104を含む。フレーム・バッファ104は、表示装置105を駆動するためのピクセル・データを含む。システムによっては、グラフィックス・アクセラレータとしても知られるレンダリング装置(図示せず)がCPU103とフレーム・バッファ104との間に結合されていてよい。

【0016】さらに、コンピュータ処理システムは、CPU103に結合された、CPU103を、通信リンク、たとえばインターネットを介して他のコンピュータ処理システムと通信させることができる通信リンク109(たとえばネットワーク・アダプタ、RFリンクまたはモデム)を含むことができる。CPU103は、オペレーティング・システムの部分、アプリケーション・プロ

グラムの部分またはオペレーティング・システムおよびアプリケーション・プログラムを実行する際にCPU103によって使用されるデータの部分を受けることができる。

【0017】CPU103によって実行されるアプリケーション・プログラムは、以下に説明する本発明のレンダリング方法を実行することができる。あるいはまた、以下に説明するレンダリング方法の一部または全部を、CPU103によって実行されるアプリケーション・プログラムとともに作動するハードウェアに具現化することもできる。

【0018】次に説明するものは、円筒環境のトップ部および／またはボトム部を定義するデータを含む円筒環境マップならびにそのような円筒環境マップのビューをレンダリングする技法である。

【0019】円筒環境マップは、要素もしくはピクセルの矩形の配列であって、各ピクセルが、円筒軸の原点および円筒表面の矩形区域によって画定される細い角錐の中に含まれる三次元シーンの一部を表すデータを含むところの配列から構成されている。

【0020】図2は、円筒、円筒軸および円筒軸の原点を表す。第二の座標軸は、円筒軸に垂直であり、円筒の原点を通過する線によって決まる。第三の座標軸は、円筒軸および第二の座標軸のいずれに対しても垂直であり、同様に円筒軸の原点を通過する線によって決まる。第二および第三の座標軸によって決まる面中のいかなる点も、その高さゼロを有するものとして定義される。他の点の高さは、第二および第三の座標軸によって決まる面までの距離によって定義され、この面よりも上にある点には正の高さが割り当てられ、この面の反対側にある点には負の高さが割り当てられる。

【0021】図3は、円筒を多数の矩形区域に分割する方法を説明する。これらの区域の境界は、円筒軸に対して平行である垂直方向の線および円筒軸に対して直角方向の円によって形成されている。これらの区域は、円筒を展開して大きな平面矩形を形成した場合の平面の矩形に対応する。円筒の所与の矩形区域は、サイド・イメージに関連する一意の行番号および列番号によって指定される。以下、円筒の行数をPanWdtで示し、円筒の列数をPanHgtで示す。

【0022】図4は、円筒の側面の1個の矩形区域(a b c d)および円筒の原点によって決まる角錐領域を示す。角錐の底面(ABCD)は、矩形区域(a b c d)から無限遠距離に位置することができる。矩形区域(a b c d)と関連する色値は、この角錐と交差し、円筒の原点(O)から見える三次元物体によって決まる。コンピュータ生成イメージでは、矩形区域(a b c d)と関連する色は、原点(O)から出発し、角錐の底面(ABCD)の中心を通過する線によって決まる色によって近似することができる。他の値もまた、区域(a b c d)

と関連することができる。たとえば、深さ値は、原点と、原点(O)から角錐の底面(ABCD)の中心を通過する線と交差する最近点との距離によって定義することができる。あるいはまた、応答表のインデックスを区域(abcd)と関連させてもよい。応答表の各項目は、対応する区域(abcd)が選択されたときに実行すべき動作を定義することができる。

【0023】円筒環境マップは、垂直方向の細いスリットを使用して、レンズおよびスリットを垂直軸を中心に回転させながら写真フィルムを露光させる仕組みのパノラマ・カメラから得られたパノラマ写真をデジタル処理することによって作成することができる。あるいはまた、多数の平坦なイメージを円筒の表面に投影して円筒環境マップを作成することもできる。平坦なイメージそれぞれは、写真フィルムの平坦または平面区域に捕らえた従来の写真をデジタル処理することにより、あるいは、コンピュータ・グラフィックス・レンダリング・アルゴリズムを三次元デジタル・モデルに適用することにより、得ることができる。いずれにしても、各平坦なイメージは、水平視野および垂直視野によって特徴づけることができる。水平視野の合計が 360° に等しいならば、円筒環境マップは完全なものとして定義される。水平視野の合計が 360° 未満であるならば、円筒環境マップは部分パノラマとして定義される。

【0024】本発明によると、円筒環境マップのイメージ・データを好ましくは列順に記憶する。イメージ・データは行順に記憶することが通常のやり方である。すなわち、nCol列およびnRow行を有するイメージを表すデータは通常、それぞれが、イメージの水平方向の帯域を表すnColの隣接するピクセルのデータを含むnRowの隣接する一連のデータ・ブロックとして記憶され、連続する行のデータは、上から下または下から上の順に記憶される。この場合、行の数はイメージの高さを表し、列の数はイメージの幅を表す。円筒投影に基づくパノラマイメージは、行よりも多くの列を有している。パノラマイメージの列の数は、行の数の4~5倍またはそれ以上であることもある。パノラマイメージによって表されるシーンのビューを表す投影イメージは、パノラマイメージ中の行および列の特定のサブセットに依存する。このサブセットは、たとえば行の半分から全部および列の $1/10 \sim 1/4$ を含むことができる。この場合、従来の行順でのイメージ・データの記憶は、投影イメージを計算するとき、投影イメージが各行の小さな部分に依存する場合、非常に非効率なメモリ参照パターンにつながる。

【0025】投影イメージを計算するのに必要なメモリ参照パターンは、パノラマイメージを行順ではなく列順で記憶することにより、より効率的にすることができる。この場合、パノラマイメージを表す同じデータを、それぞれがnRowの連続するピクセルを含むnColの連続する一連のブロックとして記憶する。そのような各ブロッ

クは、パノラマイメージの1列分のデータを含み、連続する列を表すブロックは、方位角が増す順番で記憶される。この場合、イメージ・データの「幅」(ブロックあたりの要素の数)がイメージの垂直方向サイズになり、「高さ」(データブロックの数)がパノラマイメージの水平方向サイズになる。

【0026】パノラマイメージの列順の記憶はまた、投影イメージそのものが行順に記憶されるとしても、投影イメージの列順での計算に利点を与える。この場合、より大きなデータ構造(パノラマイメージ)の要素に対して順にアクセスし、特定の演算、たとえば方位角の三角関数を列ごとに1回計算するだけでよい。以下に記す本発明の円筒環境マップは、イメージの幅がイメージの垂直方向サイズであり、イメージの高さがイメージの水平方向サイズである列順に記述される。

【0027】部分的または完全な環境マップが得られると、円筒環境マップの要素を円筒軸に平行な面に投影することにより、対応する三次元シーンのイメージを生成することが可能である。この面に投影された円筒環境マップの部分は、方位角 θ および投影イメージの中心の高さ z ならびに水平視野の角度 α および垂直視野の角度 β によって特徴づけることができる。

【0028】円筒の一部を面に投影したもの(または逆)を図5に示す。点A、C、DおよびFは、円筒軸に平行な平面矩形の角を表す。点Bは辺(AC)の中間点であり、点Eは辺(DF)の中間点である。矩形(ACDF)は、線($BE = be$)に沿って円筒と接している。点(a、b、c、d、eおよびf)は、原点(O)からの直線が平面矩形上の点(A、B、C、D、EおよびF)と交差する点によって定義される、円筒上の点を表す。

【0029】図6は、図5に示すものと同じ円筒および面を円筒軸の上から見た図である。この図では、点A、B、C、a、bおよびcはそれぞれ点F、E、D、f、eおよびdと一致している。線($BE = be$)の方位角を角度 θ によって示す。水平視野の角度 α は、線(a f)の方位角と、線(c d)の方位角との差によって決まる。この図では、線(a f)、(b e)および(c d)は、すべて円筒軸(および視線の方向)に平行であるため、点にしか見えない。

【0030】図7は、図5および6に示すものと同じ円筒および面を、円筒軸および投影面の中心線(BE)を含む面に垂直な方向から見た図である。中心線(BE)の中間点を点Gによって示す。点Gの仰角 ϕ は z_{Mid} の高さ値に対応する。垂直視野を β によって示す。

【0031】完全なパノラマの場合、可能な方位角 θ に限りはなく、水平視野の角度 α は、 180° 未満であるというだけの制限を受ける。 $0 \sim \theta_{max}$ の方位角 θ をカバーする部分パノラマの場合、投影イメージの中心の方位角 θ は、次式の範囲内になければならない。

【0032】

【数1】

$$\frac{\alpha}{2} \leq \theta \leq (\theta_{MAX} - \frac{\alpha}{2}) .$$

【0033】投影イメージの高さ値 z の範囲を制限する要因は二つある。一つは、円筒データによって表されるデータの範囲を超える高さ値に関する情報の欠如である。第二の制限は、多数の平坦なイメージを一つの円筒データ構造に合併する結果から生じる。多数の平坦なイメージそれぞれは、三次元シーンを円筒軸に平行な面に投影したものを表す。これらのイメージそれぞれは、特定の水平視野 α および垂直視野 β を有している。通常、これらの平坦イメージはすべて同じ水平視野および垂直視野を共有し、水平視野 α は、 360° をイメージの数で割ることによって決まる。

【0034】たとえば、図8に示すように、それぞれ 90° の水平視野を有する4個のイメージがあってもよい。円筒軸を上から見てわかるように、円筒は半径の R の円として見える。 R は次式で与えられる。

【0035】

【数2】

$$R = \frac{PanHgt}{(2 \cdot \pi)}$$

【0036】ただし、 $PanHgt$ は、円筒データ構造中の列の数である。

【0037】各イメージの中心がこの円に接している。水平視野 α を有する1個のイメージの同様な図を図9に示す。左縁または右縁から接点 (tangent point) までの距離は $R \cdot \tan(\alpha/2)$ である。円筒軸から左右の縁までの距離は $R \cdot \sec(\alpha/2)$ である。

【0038】図9の円筒の側面図を図10に示す。図10の場合の視線は、図9の面A-Aから見た方向であり、図9に示す円筒の軸に垂直である。より具体的には、図10の視線方向は、図9に示す半径 R で円筒に接するイメージの中心線から見た方向である。イメージの垂直視野は β であり、最大高さ E_{max} は $R \cdot \tan(\beta/2)$ であり、最小高さ E_{min} は $-R \cdot \tan(\beta/2)$ である。

【0039】円筒のもう一つの側面図を図11に示す。この場合、図11の視線は、図9の面B-Bから見た方向であり、図9に示す円筒の軸に垂直である。より具体的には、図11の視線方向は、イメージの中心からではなく、イメージの左縁または右縁から見た方向である。図9に示すように、イメージの両縁は、円筒軸から距離 $R \cdot \sec(\alpha/2)$ のところに位置している。その結果、イメージの全高は、円筒軸から距離 R の円筒の側面で、 $E_{max} \cdot \cos(\alpha/2) \sim E_{min} \cdot \cos(\alpha/2)$ の高さ範囲に圧縮される。その結果、このイメージには、 $E_{max} \cdot \cos(\alpha/2) \sim E_{max}$ の範囲または $E_{min} \sim E_{min}$

* $\cos(\alpha/2)$ の範囲の高さに対応する情報はない。

【0040】得られた円筒を平坦な面に展開するならば、図12に示す結果が得られる(90° のイメージ4個の場合)。この場合、4個のイメージが、 $E_{min}/\sqrt{2} \sim E_{max}/\sqrt{2}$ の範囲の高さに対応する円筒のすべての要素を充填する。また、 $E_{min} \sim E_{min}/\sqrt{2}$ の範囲および $E_{max}/\sqrt{2} \sim E_{max}$ の範囲の高さに関してさらなる情報が得られるが、「X」および「*」でマークされた円筒の部分は決定されないままである。これに対する一つの解決方法は、 $E_{min}/\sqrt{2} \sim E_{max}/\sqrt{2}$ の範囲の外の高さに対応するデータを捨て、視野の高さをこの縮小範囲に制限する方法である。代替えの方法は、 $E_{min} \sim E_{max}$ の範囲の高さを許容するが、欠けた領域を濃淡のない黒または他の任意の色で充填する方法である。

【0041】本発明によると、円筒環境マップから投影イメージを計算することができる仰角の範囲を、円筒環境マップのトップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを定義するデータを加えることによって補足する。トップ・イメージおよび/またはボトム・イメージの可用性が、投影イメージを作成する能力を二つの点で改善する。まず、これらのイメージは、従来の円筒環境マップによって表される円筒領域によってカバーされる範囲を超える高さ値を有する投影イメージを計算することを可能にする。第二に、これらのイメージは、多数の平坦なイメージを円筒に投影することによって作成される角領域を充填するのに使用することができる。

【0042】次に、図20を参照しながら、サイド・イメージを円筒環境マップにアセンブルする際にトップ・イメージおよびボトム・イメージを利用する手順を説明する。説明に際し、以下に記すサイド・イメージは矩形であり、トップ・イメージおよびボトム・イメージは正方形である。しかし、当業者であれば、本発明がこの点で限定されず、種々の多角形のサイド、トップおよびボトムの各イメージにも応用できることを認識するであろう。

【0043】処理は、ステップ201で、パノラマシーンのサイド・イメージを生成することによって始まる。従来どおり、各サイド・イメージは、生成されると、複数の要素区域 (またはピクセル) でサイド・イメージの色を示すデータによって表すことができる。しかし、必要ならば (たとえば、サイド・イメージを写真から導出する場合)、ステップ201で、各サイド・イメージを複数の要素区域 (またはピクセル) に分割し、要素区域ごとに、要素区域におけるイメージの色値を記憶する必要があるかもしれない。図21に示すように、各サイド・イメージを行列に分割してもよい。サイド・イメージの所与の要素区域 (またはピクセル) を、そのサイド・イメージと関連する一意の行番号および列番号 (iRow、iCol) によって指定する。加えて、ステップ201で、

イメージごとに、イメージ中の行数 (imgHgtで示す) およびイメージ中の列数 (imgWdtで示す) を記憶する。図22は、サイド・イメージのピクセルごとに記憶される情報を示す。情報は、ピクセルの色を識別する色データを含む。色データは、ピクセルの色の赤、緑および青の各成分 (真色) または色パレットへのインデックス (パレット色) を表すことができる。所与のピクセルについて記憶される情報はまた、所与のピクセルでのイメージの深さを表すZデータを含むことができる。加えて、ピクセルごとに記憶される情報は、ピクセルと関連するさらなるデータ (Mデータ) を含むこともできる。たとえば、データは、別のパノラマへのハイパリンク、音声を再生するためのコマンドまたは外部アプリケーションを開始するためのコマンドをはじめとする、ピクセルと関連する動作であってもよい。

【0044】サイド・イメージは、垂直方向の細いスリットを使用して、レンズおよびスリットを垂直軸を中心に回転させながら写真フィルムを露光させる仕組みのパノラマカメラから得られたパノラマ写真をデジタル処理することによって作成することができる。あるいはまた、サイド・イメージは、写真フィルムの平坦または平面区域に捕らえた従来の写真をデジタル処理することにより、あるいは、コンピュータ・グラフィックス・レンダリング・アルゴリズムを三次元デジタル・モデルに適用することにより、得ることができる。

【0045】ステップ203で、パノラマシーンのトップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを生成する。従来どおり、トップ・イメージおよびボトム・イメージは、生成されると、複数の要素区域 (またはピクセル) でイメージの色を示すデータによって表すことができる。必要ならば (たとえば、トップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを写真から導出する場合)、ステップ203で、トップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを要素区域 (またはピクセル) に分割し、要素区域ごとに、要素区域におけるイメージの色値を記憶する必要があるかもしれない。図23に示すように、トップ・イメージおよびボトム・イメージを行列に分割してもよい。説明に際し、トップ・イメージだけを示す。トップ・イメージおよびボトム・イメージの所与の要素区域 (またはピクセル) を、それぞれトップ・イ

メージおよびボトム・イメージと関連する一意の行番号および列番号 (tRow, tCol) または (bRow, bCol) によって指定する。加えて、ステップ203で、トップ・イ

色データは、ピクセルの色の赤、緑および青の各成分 (真色) または色パレットへのインデックス (パレット色) を表すことができる。所与のピクセルについて記憶される情報はまた、所与のピクセルでのイメージの深さを表すZデータを含むことができる。加えて、ピクセルごとに記憶される情報は、ピクセルと関連するさらなるデータ (Mデータ) を含むこともできる。たとえば、データは、別のパノラマへのハイパリンク、音声を再生するためのコマンドまたは外部アプリケーションを開始するためのコマンドをはじめとする、ピクセルと関連する動作であってもよい。

【0047】トップ・イメージおよびボトム・イメージは、カメラから得られたトップ・イメージおよびボトム・イメージの従来の写真をデジタル処理することによって作成することができる。あるいはまた、トップ・イメージおよびボトム・イメージは、コンピュータ・グラフィックス・レンダリング・アルゴリズムを三次元デジタル・モデルに適用することによって生成することもできる。より具体的には、トップ・イメージおよびボトム・イメージは、三次元シーンを、従来の円筒環境マップを定義する円筒軸に垂直な面に投影することによって定義することができる。トップ・イメージは、三次元シーンを、円筒軸の原点よりも上の面に投影することによって定義され、ボトム・イメージは、三次元シーンを、円筒軸の原点よりも下に位置する面に投影することによって定義される。

【0048】ステップ205で、ステップ201で生成したサイド・イメージごとに、所与のサイド・イメージに対応する円筒の列の範囲を決定する。より具体的には、各サイド・イメージを水平視野 α によって特徴づける。特定のサイド・イメージのイメージ・データを、 $\theta_1 \sim \theta_2$ の方位角の範囲に対応する円筒の列にマッピングする (ただし、 θ_1 は、先行のすべてのサイド・イメージの水平視野の合計によって決まり、 $\theta_2 = \theta_1 + \alpha$ である)。したがって、現在のイメージの初期方位角 θ_1 および最終方位角 θ_2 を与えられると、特定のサイド・イメージに対応する、得られる円筒イメージ中の列の範囲が次式によって決定される。

$$\text{panCol } 1 = \text{panHgt} * \theta_1 / \theta_{\text{max}}$$

$$\text{panCol } 2 = \text{panHgt} * \theta_2 / \theta_{\text{max}}$$

ただし、 θ_{max} は、完全なパノラマの場合には 2π に等しく、部分パノラマの場合には 2π 未満である。

【0050】加えて、ステップ205で、サイド・イメージごとに、各サイド・イメージに対応する円筒の列の数を記憶する。所与のサイド・イメージに対応する円筒の列の数は、次式によって求められる。

$$\text{numPanCol} = \text{panCol } 2 - \text{panCol } 1$$

【0052】ステップ207で、ステップ201で生成したサイド・イメージごとに、特定のサイド・イメージと関連する、ステップ205で決定した列の範囲内の円

10

20

30

40

50

筒の各列を順に選択して、ステップ201で生成した現在のサイド・イメージのデータ値ならびにステップ203で生成したトップ・イメージおよび／またはボトム・イメージのデータ値に基づいて充填する。好ましくは、panCol.1に初期化され、panCol.2に達するまで1ステップずつ漸増される列インデックスpanColを指定することにより、個々の列を順に選択してゆく。以下、図25を参照しながら、特定の列に関する充填操作をより詳細に説明する。

【0053】ステップ209で、各サイド・イメージに10 対応する列の範囲を処理したのち、処理は終了する。

【0054】図25は、円筒の特定の列に関する充填操作をより詳細に示す。より具体的には、インデックスpanColによって指定する円筒の特定の列は、絶対角 θ および局所角度 δ に対応する。ただし、

$$\begin{aligned} \theta &= \theta_{\text{next}} * \text{panCol} / \text{panHgt} \\ \delta &= \theta - \theta_1 - (\alpha / 2) \end{aligned}$$

【0056】これらの角度の関係を図13に示す。インデックスpanColによって指定される円筒上の個々の列について、次式によって求められる、インデックスimgCol 20 によって指定されるサイド・イメージ中の対応する列が

$$\text{imgRow} = \frac{\text{imgHgt}}{2} + \text{imgHgt} \left[\frac{\text{panRow} - (\text{panWidth} / 2)}{\text{panWidth} * \cos(\delta)} \right]$$

【0061】ステップ305～309で、imgRowの値を評価することにより、円筒の現在の行panRowが、現在のサイド・イメージに入るのか、トップ・イメージに入るのか、ボトム・イメージに入るのかを決定する。imgRowを評価し、そのような評価に基づく処理を実行したのち、ステップ310で、列の最後の行が処理されたかどうかを決定する。処理されていないならば、処理はステ 30 ュップ301に戻り、行インデックスpanRowを円筒の列中の次の順番の行に設定する。その列の最後の行を選択したならば (panRow=panWidth-1)、処理は終了する。

【0062】ステップ305で、imgRowの値がimgHgt以上であるならば、円筒の行panRowはトップ・イメージに入る。この場合、ステップ311で、円筒の現在の行panRowおよび列panColに対応する、インデックスiRowおよびiColによって識別されるトップ・イメージの要素（ピクセル）を決定し、ステップ313で、好ましくは、インデックスpanRow、panColによって識別される円筒環境 40 マップのピクセルの色を、インデックスiRow、iColによって識別されるトップ・イメージのピクセルの色に対応するように設定する。

【0063】ステップ307で、imgRowの値が0未満であるならば、円筒の行panRowはボトム・イメージに入る。この場合、ステップ315で、円筒の現在の行panRowおよび列panColに対応する、インデックスbRowおよびbColによって識別されるボトム・イメージの要素（ピクセル）を決定し、ステップ317で、好ましくは、インデックスpanRow、panColによって識別される円筒環境マ 50

ある。

【0057】

【数3】

$$\text{imgCol} = \frac{\text{imgWdt}}{2} \left[\frac{\tan(\delta)}{\tan(\frac{\alpha}{2})} + 1 \right]$$

【0058】ステップ301で、panRowで示す円筒の各行を選択し、円筒の現在の行panRowが、現在のサイド・イメージに入るのか、トップ・イメージに入るのか、ボトム・イメージに入るのかを決定する。panRowの値は0から (panWidth-1) である。ただし、panWidthは円筒中の列数である。

【0059】ステップ303で、円筒の選択した行および列に対応するピクセル・インデックスimgRowを決定する。図14に示すように、円筒の壁は円筒軸から半径Rの距離に位置し、現在のサイド・イメージの対応する列は円筒軸からR*sec(δ)の距離に位置しているため、円筒の壁の行panRowのピクセルは、現在のサイド・イメージでは、行imgRowのピクセルに対応する。

【0060】

【数4】

ップのピクセルの色を、インデックスbRow、bColによって識別されるボトム・イメージのピクセルの色に対応するように設定する。

【0064】ステップ309では、imgRowの値が0～imgHgtの範囲であり、したがって、円筒の行panRowは現在のサイド・イメージに入る。この場合、インデックスpanRowおよびpanColによって識別される円筒環境マップのピクセルは、インデックスimgRow、imgColによって識別される現在のサイド・イメージのピクセルに対応する。ステップ309で、好ましくは、インデックスpanRow、panColによって識別される円筒環境マップのピクセルの色を、インデックスimgRow、imgColによって識別される現在のサイド・イメージのピクセルの色に対応するように設定する。

【0065】以下、図26を参照して、円筒の現在の行panRowおよび列panColに対応するトップ・イメージまたはボトム・イメージの要素（ピクセル）を決定する際のシステムの動作を説明する。ステップ401で、処理は、トップ（またはボトム）イメージ中の対応する点の半径を決定することによって始まる。これは、トップ・イメージ中の点に関して図15に示されている。この場合、トップ・イメージ中の点の半径は、次式によって求められる。

$$\text{Rtop} = R * (\text{panHgt} / 2) / (\text{panRow} - (\text{panHgt} / 2))$$

【0067】ボトム・イメージ中の点の半径は、次式によって求められる。

【0068】 $R_{bot} = R * (\text{panHgt} / 2) / ((\text{panHgt} / 2) - \text{panRow})$

【0069】 この場合には、円筒を $R=1$ の単位円として扱うことができる。得られる R_{top} および R_{bot} の値は常に 1.0 よりも大きくなり、単位円の外の点に対応する。

【0070】 ステップ 403 で、トップ半径 R_{top} (またはボトム半径 R_{bot}) を決定したのち、図 16 に示すトップ (またはボトム) イメージ中の点を識別するインデックスを決定する。トップ・イメージ中の点の場合、

【0071】

$tRow = \text{topHgt} * (1.0 - R_{top} * \sin(\theta))$

$tCol = \text{topWdt} * (1.0 + R_{top} * \cos(\theta))$

ただし、 topHgt および topWdt は、トップ・イメージの行および列の寸法である。

【0072】 同様に、ボトム・イメージ中の点の行および列のインデックスは、次式によって決定することができる。

【0073】

$bRow = \text{botHgt} * (1.0 - R_{bot} * \sin(\theta))$

$bCol = \text{botWdt} * (1.0 - R_{bot} * \cos(\theta))$

【0074】 上述したように、インデックス ($tRow$, $tCol$) および ($bRow$, $bCol$) によって指定される点は、円筒の壁の上縁および下縁に対応する内接円の外に位置するトップ・イメージおよびボトム・イメージ中のピクセルに対応する。好ましくは、この円の外にあるトップ

(またはボトム) イメージの点の、円筒環境マップへのマッピングは、以下に記す、パノラマデータを視るために使用される投影アルゴリズムによって扱う。

【0075】 パノラマシーンのトップ・イメージおよび/またはボトム・イメージを定義するデータによって円筒環境マップを補足する機構を述べたところで、次に、図 27 を参照して、本発明の改良された円筒環境マップを表示のためにレンダリングする技法を説明する。

【0076】 ステップ 501 で、視野を決定する。視野は、好ましくは、以下のパラメータ、すなわち方位角 θ 、投影イメージの中心の仰角 ϕ 、水平視野 α および垂直視野 β によって特徴づける。選択したパラメータは、図 17 に示すものである。パラメータは、たとえばコンピュータ・システムの入力装置 107 を操作するユーザに回答して生成されたユーザ入力コマンドに基づいて選択してもよい。

【0077】 ステップ 503 で、円筒環境マップを、視野に対応するビュー・ウィンドウにマッピングする。マッピング処理は、ビュー・ウィンドウを、図 17 に示すような n_{col} の等間隔の列に分割することによって始まる。 n_{col} 列それぞれは、0 ~ $n_{col}-1$ の範囲のインデックス $icol$ によって識別することができ、次式によって求

められる角度 δ に対応する。

【0078】 $\delta = \tan^{-1} (\tan(\alpha/2) * (\text{width} - 2 * icol) / (2 * \text{width}))$

ただし、 $\text{width} = n_{col} - 1$ はビュー・ウィンドウの幅である。

【0079】 ビュー・ウィンドウの n_{col} 列の列 ($icol$) ごとに、列 $icol$ に対応する円筒環境マップの列 panCol を決定する。好ましくは、列 $icol$ に対応する円筒環境マップの列 panCol は、次式によって決定する。

10 【0080】 $\text{panCol} = \text{panHgt} * (\theta + \delta) / \theta_{max}$

【0081】 加えて、ビュー・ウィンドウの列 $icol$ の中の n_{row} ピクセルを選択し、処理する。好ましくは、列中の n_{row} ピクセルは、図 18 に示すように、円筒軸から距離 $R_{pan} / \cos(\theta)$ のところで円筒軸に平行な線に沿って均一に離間している。 n_{row} ピクセルそれぞれには、0 (ビュー・ウィンドウのボトム) ~ $n_{row} - 1$ (ビュー・ウィンドウのトップ) の範囲を有するインデックス $irow$ を割り当てることができる。以下、図 28 を参照して、ビュー・ウィンドウの選択した列 ($icol$ で示す) の n_{row} ピクセルの処理を詳細に説明する。

20

【0082】 図 27 の最後のステップ 505 で、円筒環境マップの列をビュー・ウィンドウにマッピングしたのち、ビュー・ウィンドウを表示装置または表示装置の一部にマッピングすることができる。このようなマッピングは、ビュー・ウィンドウを表示装置の座標系に対してスケーリングし、平行移動させることを要するかもしれない。このようなスケーリングおよび平行移動の技法は当該分野で周知である。しかし、システムの性能を高めるため、スケーリング処理を避けてもよい。この場合、ビュー・ウィンドウのピクセルを表示ウィンドウのピクセルに整合させなければならない。

【0083】 図 28 は、円筒環境マップをビュー・ウィンドウの選択した列 ($icol$) の n_{row} ピクセルにマッピングする際のシステムの動作を示す。上述したように、列 $icol$ に対応する円筒環境マップの列 panCol は、次式によって決定する。

【0084】 $\text{panCol} = \text{panHgt} * (\theta + \delta) / \theta_{max}$

【0085】 ステップ 601 で、処理は、選択された列 $icol$ について、それぞれ topRow および botRow で示す、円筒の上縁および下縁に対応するビュー・ウィンドウの行を決定することによって始まる。 topRow および botRow の値は、好ましくは、次式によって決定する。

【0086】 $\text{topRow} = \text{ctrRow} + (0.5 * \text{panHgt} / \text{pxlSize}) * \sec(\delta)$

$\text{botRow} = \text{ctrRow} - (0.5 * \text{panHgt} / \text{pxlSize}) * \sec(\delta)$

ただし、 $\text{pxlSize} = 2 * R_{pan} * \tan(\alpha/2)$ width は、正方形のピクセル (垂直方向のピクセルサイズが水平方向のピクセルサイズに等しい) を仮定してのピクセルのサイズである。

50

【0087】上述したtopRowおよびbotRowの値は、ビュー・ウィンドウの中心ピクセルctrRowの位置に依存する。垂直方向のビューの動きがないならば（ビュー仰角φがゼロに等しいならば）、中心線ctrRowのピクセル・インデックスは次式によって求められる。

【0088】 $\text{ctrRow} = 0.5 * \text{高さ}$

【0089】ビューの高さが変化すると、ビュー・ウィンドウの中心は、次式によって決定される円筒の行に対応する。

【0090】 $\text{zMid} = \text{Rpan} * \tan(\phi)$

【0091】その結果、ゼロ高さに対応するビュー・ウィンドウの行は次式のようにになる。

【0092】 $\text{ctrRow} = 0.5 * \text{高さ} - \text{zMid} / \text{pxlSize}$

【0093】ステップ603で、ビュー・ウィンドウのnrowピクセルのいずれかが円筒の下縁よりも下に位置する（したがってボトム・イメージの中にある）かどうかを決定し、そのように位置するならば、円筒の下縁よりも下に位置するビュー・ウィンドウのピクセルを処理する。好ましくは、0よりも大きいbotRowの値は、ビュー・ウィンドウの1個以上のピクセルが円筒の下縁よりも下に位置し、したがってボトム・イメージの中にあるということを示す。この場合、botRowの値が0よりも大きいならば、0～botRow-1の範囲のピクセルは円筒の下縁よりも下に位置する。円筒の下縁よりも下に位置するピクセルの処理についてはあとで説明する。

【0094】ステップ605で、ビュー・ウィンドウのnrowピクセルのいずれかが円筒の上縁よりも上に位置する（したがってトップ・イメージの中にある）かどうかを決定し、そのように位置するならば、円筒の上縁よりも上に位置するビュー・ウィンドウのピクセルを処理する。好ましくは、nrow-1よりも小さいtopRowの値は、ビュー・ウィンドウの1個以上のピクセルが円筒の上縁よりも上に位置し、したがってトップ・イメージの中にあるということを示す。この場合、topRowの値がnrow-1よりも小さいならば、topRow～nrow-1の範囲のピクセルは円筒の上縁よりも上に位置する。円筒の上縁よりも上に位置するピクセルの処理についてはあとで説明する。

【0095】最後に、ステップ607で、円筒の下縁よりも下に位置しないし、円筒の上縁よりも上に位置しない（したがって円筒環境マップの中にある）ビュー・ウィンドウのnrowピクセルを処理する。好ましくは、円筒の下縁よりも下に位置しないし、円筒の上縁よりも上に位置しないnrowピクセルは、botRow～topRow-1の範囲に位置する。円筒の上縁よりも上に位置しないし、円筒の下縁よりも下に位置しないピクセルの処理についてはあとで説明する。

【0096】次に、円筒の上縁よりも上に位置するピクセルの処理を説明する。上述したように、円筒の上縁よりも上に位置するピクセルは、topRow～nrow-1の範囲

にあるインデックスicolによって識別することができる。この場合、topRow～nrow-1の範囲にあるインデックスicolによって識別されたピクセルごとに、ピクセルに対応するトップ半径Rtopの値を、トップ・イメージ中のピクセルの行インデックスおよび列インデックス（tRowおよびtCol）とともに決定する。好ましくは、トップ半径Rtopは次式によって求められる。

【0097】 $\text{Rtop} = \text{Rpan} * \sec(\delta) * (0.5 * \text{panWidth}) / (\text{irow} - \text{ctrRow})$

10 【0098】これは、図19に示す、一方が幅Rpan*sec(δ)および高さ(irow-ctrRow)を有し、もう一方が幅Rtopおよび高さ(0.5*panHgt)を有する相似形の直角三角形どうしの比較に基づく。この場合には、必要なすべてはRtopとRpanとの比率であり、Rtopの計算は次式のように簡約される。

【0099】 $\text{Rtop} = \text{radRow} / (\text{irow} - \text{ctrRow})$

ただし、radRow=0.5*panHgt*sec(δ)は、1例のピクセルに対する定数である（定数デルタ）。

【0100】トップ・イメージ中のピクセルの行インデックスおよび列インデックス（tRow、tCol）は、好ましくは、次式によって決定される。

【0101】

$\text{tRow} = \text{topHgt} * (1.0 - \text{Rtop} * \sin(\theta + \delta))$

$\text{tCol} = \text{topWdt} * (1.0 + \text{Rtop} * \cos(\theta + \delta))$

【0102】最後に、好ましくは、インデックスirow、icolによって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色を、インデックスtRow、tColによって識別されるトップ・イメージのピクセルの色に対応するように設定する。

30 【0103】次に、円筒の下縁よりも下に位置するピクセルの処理を説明する。上述したように、円筒の下縁よりも下に位置するピクセルは、0～botRow-1の範囲にあるインデックスicolによって識別することができる。この場合、0～botRow-1の範囲にあるインデックスicolによって識別されたピクセルごとに、ピクセルに対応するボトム半径Rbotの値を、ボトム・イメージ中のピクセルの行インデックスおよび列インデックス（bRowおよびbCol）とともに決定する。

40 【0104】好ましくは、ボトム半径Rbotは次式によって求められる。

【0105】 $\text{Rbot} = \text{radRow} / (\text{ctrRow} - \text{irow})$

【0106】ボトム・イメージ中のピクセルの行インデックスおよび列インデックス（bRow、bCol）は、好ましくは、次式によって決定される。

【0107】

$\text{bRow} = \text{topHgt} * (1.0 - \text{Rtop} * \sin(\theta + \delta))$

$\text{bCol} = \text{topWdt} * (1.0 + \text{Rtop} * \cos(\theta + \delta))$

50 【0108】最後に、好ましくは、インデックスirow、icolによって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色を、インデックスbRow、bColによって識別されるボ

トム・イメージのピクセルの色に対応するように設定する。

【0109】次に、円筒の上縁よりも上に位置しないし、円筒の下縁よりも下に位置しないピクセルの処理を説明する。円筒の上縁よりも上に位置しないし、円筒の

$$\text{PanRow} = \frac{\text{PanWidth}}{2} - R \cos \theta \left[\frac{irow - \frac{nrow}{2}}{2 \cdot ncol \cdot \tan(\frac{\alpha}{2})} + \tan \phi \right]$$

【0111】そして、好ましくは、インデックスirow、icolによって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色を、インデックスpanRow、panColによって識別される円筒環境マップのピクセルの色に対応するように設定する。

【0112】ビュー・ウィンドウに対するトップ・イメージおよびボトム・イメージの投影を決定するための計算は、ビュー・ウィンドウに対する円筒環境マップの投影を決定するのに要する計算よりも困難である。これは、投影イメージの大きな部分をトップ・イメージおよび／またはボトム・イメージ中の点によって決定する場合、性能の損失をもたらすおそれがある。投影イメージの小さな部分だけをトップ・イメージおよび／またはボトム・イメージ中のピクセルによって決定する場合、性能の損失は非常に小さい。円筒の単位円の外に位置するトップ点およびボトム点については性能の損失はない。

【0113】トップ・イメージおよびボトム・イメージから導出されるピクセルのインデックスの計算は、サインおよびコサイン三角関数に依存するが、これらの関数の引き数は、行インデックスではなく、列インデックス（角度 δ ）だけに依存する。その結果、好ましいこと

に、これらの値は列あたり1回計算するだけでよい。

【0114】好都合には、トップ・イメージおよびボトム・イメージを円筒環境マップに統合することにより、本発明は、データをわずかしき増さずに、視野を増大させることができる。

【0115】本発明のもう一つの態様では、サーバが、本発明の円筒環境マップを含む1個以上のファイルを記憶することが可能である。ネットワークを介してサーバに接続されたクライアントが、サーバからファイルをダウンロードし、上述した本発明のレンダリング処理を実行することができる。しかし、ネットワークを介してファイルを通信するステップは、ネットワーク通信帯域幅の制限のため、非常に遅いかもしれない。これは、結果的に、ネットワーク通信ステップの開始と、表示装置の表示ウィンドウ中のイメージの出現との間に長い遅延をもたらすかもしれない。

【0116】そのようなネットワーク通信遅延の影響を最小限にするため、異なる解像度の複数の円筒環境マップによって、サーバに記憶された本発明の円筒環境マップを表すこともできる。低めの解像度の環境マップは、

下縁よりも下に位置しないピクセルごとに、ビュー・ウィンドウの行irowに対応する円筒環境マップの行panRowを次式によって求める。

【0110】

【数5】

$$\frac{irow - \frac{nrow}{2}}{2 \cdot ncol \cdot \tan(\frac{\alpha}{2})} + \tan \phi$$

10 高めの解像度の環境マップよりも含むデータが少なく、したがって、ネットワークを介して通信するのに要する時間が少ない。他の画像処理操作に常であるように、低めの解像度の円筒環境は、1個以上のより高い解像度の円筒環境マップから作成することができる。たとえば、第一の円筒環境マップの要素（ピクセル）数の1/4を有する低めの解像度の円筒環境マップは、第一の円筒環境マップ中のピクセルの各2×2ブロックを平均することによって作成することができる。

20 【0117】このシナリオでは、クライアントは、まず、最低解像度の環境マップを要求して受け取り、その最低解像度の環境マップをレンダリングするように制御される。最低解像度の環境マップをレンダリングしたのち（またはそれと並行に）、クライアントは、より高い解像度の環境マップを要求して受け取り、そのより高い解像度の環境マップをレンダリングすることができる。最高解像度の環境マップがクライアントによって受け取られ、表示のためにレンダリングされるまで、この処理を繰り返すことができる。

30 【0118】クライアントおよびサーバが、異なる解像度を有する複数の環境マップを操作する際の処理の詳細を図29～31に示す。この例では、サーバは、それぞれ異なる解像度を有する複数の環境マップLOD0、LOD1、LOD2等々を記憶している。最低解像度のマップをLOD0とする。環境マップLOD1、LOD2等々は、それらの解像度が漸増している。そのうえ、クライアントの動作は、2個のスレッド、すなわち表示スレッドと通信スレッドとに分割されている。しかし、クライアントの動作はこれに限定されず、1個のスレッドに統合してもよいし、3個以上のスレッドに分割してもよい。

40 【0119】クライアントの動作は、たとえば、ユーザが、サーバに記憶された環境マップを表示する要求を開始したときに始まる。この要求は、サーバを識別するハイパリンクの一部であってもよいし、サーバに記憶された制御ファイルCF0であってもよい。この場合、好ましくは、制御ファイルCF0を、サーバに記憶された複数の他の制御ファイル（CF1、CF2等々）とともに、サーバからクライアントにダウンロードすべき異なる解像度の環境マップの連鎖を識別するためのリンク・リスト・データ構造として使用する。より具体的には、

制御ファイルCF0は、環境マップLOD0へのポインタおよび制御ファイルCF1へのポインタを含み、制御ファイルCF1は、環境マップLOD1へのポインタおよび制御ファイルCF2へのポインタを含む。以下も同様である。

【0120】この場合、クライアントは、ユーザの要求に応答して、サーバから制御ファイルCF0を要求する。サーバから制御ファイルCF0を受け取ると、クライアントは、制御ファイルCF0で識別される最低解像度環境マップLOD0をサーバから要求する。

【0121】最低解像度の環境マップLOD0をサーバから受け取ると、クライアントは、その最低解像度環境マップLOD0を局所的に記憶し、最低解像度環境マップLOD0を表示のためにレンダリングし、好ましくは、ユーザがその最低解像度環境マップLOD0の中でナビゲートすることを許す。加えて、クライアントは、サーバから制御ファイルCF1を要求する。上述したように、制御ファイルCF1は、好ましくは、次に高い解像度の環境マップLOD1および制御ファイルCF2（必要があるならば）へのポインタを含む。

【0122】制御ファイルCF1をサーバから受け取ると、クライアントは、制御ファイルCF1で識別される次に高い解像度の環境マップLOD1をサーバから要求する。次に高い解像度の環境マップLOD1をサーバから受け取ると、クライアントは、その環境マップLOD1を局所的に記憶する。加えて、クライアントは、最低解像度の環境マップLOD0のナビゲーションを中止し、次に高い解像度の環境マップLOD1を表示のためにレンダリングし、好ましくは、ユーザがその環境マップLOD1の中でナビゲートすることを許す。加えて、クライアントは、サーバから制御ファイルCF2を要求する。上述したように、制御ファイルCF2は、好ましくは、次に高い解像度の環境マップLOD2および制御ファイルCF3（必要があるならば）へのポインタを含む。

【0123】制御ファイルCF2をサーバから受け取ると、クライアントは、制御ファイルCF2で識別される次に高い解像度の環境マップLOD2をサーバから要求する。次に高い解像度の環境マップLOD2をサーバから受け取ると、クライアントは、その環境マップLOD2を局所的に記憶する。加えて、クライアントは、環境マップLOD1のナビゲーションを中止し、次に高い解像度の環境マップLOD2を表示のためにレンダリングし、好ましくは、ユーザがその環境マップLOD2の中でナビゲートすることを許す。

【0124】最高解像度の環境マップがクライアントによって受け取られ、表示のためにレンダリングされるまで、これらの処理を繰り返すことができる。この処理は、ユーザに対し、低めの解像度の環境マップをすばやく見て、その中でナビゲートしながらも、より高い解像

度の環境マップを漸進的に構築し、それにより、ネットワーク通信の遅延の影響を最小限にする能力を提供する。

【0125】本発明のもう一つの態様では、環境マップとは別にある1個以上のビットマップ・イメージ（またはスプライト）をパノラマシーンに統合することを可能にする機構が提供される。ビットマップ・イメージとは、ピクセルごとにイメージの色を表すピクセルの二次元配列である。図32を参照すると、ビットマップ・イメージをパノラマシーンに統合する処理は、ステップ701で、環境マップの座標系の中でビットマップ・イメージを向き付けすることによって始まる。図2に示すように、円筒環境マップの座標系は、円筒軸ならびに原点で円筒軸と交差する第二および第三の軸によって特徴づけられる。第二および第三の軸は、円筒軸および互いに対して垂直である。好ましくは、ビットマップ・イメージの向き付けは、ビットマップ・イメージが円筒軸に対して平行な面に位置するように制限する。この場合、ビットマップ・イメージは、特徴的な方位角 θ および仰角 ϕ をビットマップ・イメージに割り当てることにより、環境マップの座標系の中で向き付けすることができる。図33および34に示すように、方位角 θ は、好ましくは、第二の座標軸と円筒軸との面と、円筒軸からビットマップ・イメージの中心ピクセルMに達する線との間の角度によって表される。図33および35に示すように、仰角 ϕ は、好ましくは、円筒軸からビットマップ・イメージの中心ピクセルMに達する線と、第二および第三の座標軸の面の間の角度によって表される。

【0126】ステップ703で、図27を参照して上述したように、環境マップをビュー・ウィンドウに投影する。投影ステップの結果として、ビュー・ウィンドウの行および列のピクセルに関する色値が生成される。

【0127】ステップ705で、対(startCol, endCol)によって示す、ビットマップ・イメージによってカバーされるビュー・ウィンドウの列の範囲ならびに対(startRow, endRow)によって示す、ビットマップ・イメージによってカバーされるビュー・ウィンドウの行の範囲を決定する。

【0128】ステップ707で、列の範囲(startCol, endCol)内の列icolごとに、ビュー・ウィンドウの特定の列icolに対応するビットマップ・イメージの列インデックスBMCOLを、好ましくは次式によって決定する。

【0129】 $BMCOL = icol - startCol$

【0130】加えて、ビュー・ウィンドウの列(icol)の行の範囲(startRow, EndRow)の各行irowを順に選択し、以下のように処理する。まず、ビュー・ウィンドウの選択された行irowに対応するビットマップ・イメージの行インデックスBMRowを、好ましくは次式によって決定する。

【0131】 $BMRow = irow - startRow$

【0132】次に、インデックスBMRow、BMColによって識別されるピクセルのビットマップ・イメージの色値を、ステップ703で決定した、インデックス (irow、icol) によって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色値の代わりに用いる。

【0133】ビットマップ・イメージによってカバーされるビュー・ウィンドウの列の範囲 (startCol、endCol) を処理したのち、処理は終わる。

【0134】上記の処理は、環境マップとは別にある1個以上のビットマップ・イメージをパノラマシーン中で向き付けし、表示することを可能にする。

【0135】代替の実施態様では、上述の機構を変形して、深さ値をビットマップ・イメージのピクセルと関連させることにより、ビットマップ・イメージと環境マップとの統合を高めてもよい。このシナリオでは、ステップ701で、深さ値を各ビットマップ・イメージのピクセルと関連させる。深さマップのピクセルの深さ値は一定であってもよい。あるいはまた、深さ値をビットマップ・イメージのピクセルにわたって変化させてもよい。この場合、深さ値は、好ましくは、中央のピクセルに対してのイメージの深さを表す。したがって、ビットマップ・イメージの各ピクセルの深さは、ビットマップ・イメージの特徴的な方位角 θ および仰角 ϕ ならびに所与のピクセルに関連する中心ピクセルに対するピクセルの相対深さから決定することができる。加えて、デフォルト深さ値 (Dmax) を環境マップのピクセルと関連させる。

【0136】好ましくは、深さバッファを使用して、ビュー・ウィンドウの各ピクセルに関連する深さ値を記憶する。ピクセルそれぞれの深さ値を最大値 (Dmax) に初期化する。ステップ703で、深さバッファにはアクセスせず、したがって、Dmaxの深さ値を、ビュー・ウィンドウに投影される環境マップのピクセルに割り当てる。ステップ707で、ピクセル (BMRow、BMCol) でのビットマップ・イメージの深さ値 (Dnew) を、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow、icol) に対応する深さバッファの位置に記憶された深さ値Doldと比較する。ビットマップ・イメージの深さ値Dnewが、ビットマップ・イメージが、記憶された深さ値Doldよりもビューポイントに近いことを示すならば、ピクセル (irow、icol) に対応する深さバッファの位置を更新して値Dnewを記憶し、インデックス (irow、icol) によって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色値を、インデックス (BMRow、BMCol) によって識別されるピクセルでのビットマップ・イメージの色値で上書きする。

【0137】この処理は、複数のビットマップ・イメージの間で部分的 (または完全) なオクルージョンが生じたとき、もっとも近いビットマップ・イメージを表示する。

【0138】代替の実施態様では、上述の機構を変形

して、深さ値をビットマップ・イメージのピクセルおよび環境マップのピクセルと関連させることにより、ビットマップ・イメージと環境マップとの統合を高めてもよい。このシナリオでは、ステップ701で、深さ値を各ビットマップ・イメージのピクセルと関連させる。好ましくは、深さ値は、中央のピクセルに対してのイメージの深さを表す。この場合、ビットマップ・イメージの各ピクセルの深さは、ビットマップ・イメージの特徴的な方位角 θ および仰角 ϕ ならびに所与のピクセルに関連する中心ピクセルに対するピクセルの相対深さから決定することができる。加えて、深さ値を環境マップのピクセルと関連させる。たとえば、円筒環境マップの場合、環境マップの所与のピクセルと関連する深さ値は、円筒の原点から円筒のピクセルまでの距離によって決定することができる。別の例では、円筒環境マップが三次元シーンのレンダリングから導出されたものであるならば、環境マップのピクセルの深さ値は、シーンの物体の深さ情報から導出することもできる。

【0139】深さバッファを使用して、ビュー・ウィンドウの各ピクセルと関連する深さ値を記憶してもよい。ビュー・ウィンドウのピクセルそれぞれの深さ値を最大値 (Dmax) に初期化する。ステップ703で、図27を参照しながら上述したように、環境マップをビュー・ウィンドウに投影すると、深さバッファを更新して、ビュー・ウィンドウの所与のピクセルをカバーする環境マップのピクセルに関連する深さ値を記憶する。投影ステップはまた、結果として、ビュー・ウィンドウの行および列のピクセルの色値を生成する。ステップ707で、ピクセル (BMRow、BMCol) のビットマップ・イメージの深さ値Dnewを、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow、icol) に対応する深さバッファの位置に記憶された深さ値Doldと比較する。ビットマップ・イメージの深さ値Dnewが、ビットマップ・イメージが、記憶された深さ値Doldよりもビューポイントに近いことを示すならば、ピクセル (irow、icol) に対応する深さバッファの位置を更新して値Dnewを記憶し、インデックス (irow、icol) によって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルの色値を、インデックス (BMRow、BMCol) によって識別されるピクセルでのビットマップ・イメージの色値で上書きする。

【0140】この処理は、複数のビットマップ・イメージおよび/または環境マップの間で部分的 (または完全) なオクルージョンが生じたとき、ビットマップ・イメージまたは環境マップを表示する。

【0141】代替の実施態様では、深さ値をビットマップ・イメージのピクセルおよび環境マップのピクセルと関連させる上述の機構を変形して、ビュー・ウィンドウの各ピクセルに対応する深さ値を記憶する深さバッファが必要とされないようにしてもよい。この実施態様では、ステップ701で、深さ値は各ビットマップ・イメ

ージのピクセルと関連し、深さ値は、上述したように、環境マップのピクセルと関連する。ステップ703で、図27を参照しながら上述したように、環境マップをビュー・ウィンドウに投影するとき、インデックス (irow, icol) によって識別されるビュー・ウィンドウのピクセルごとに、ビュー・ウィンドウのピクセルがビットマップ・イメージによってカバーされるかどうかを決定する。

【0142】ビュー・ウィンドウがビットマップ・イメージによって部分的にカバーされないならば、図27を参照しながら上述したように処理が継続して、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow, icol) の色値が環境マップの適切な要素の色値に設定されるようになる。

【0143】しかし、ビュー・ウィンドウのピクセルがビットマップ・イメージによって部分的にカバーされていないならば、ビュー・ウィンドウの選択されたピクセル (irow, icol) に対応するビットマップ・イメージの行インデックスおよび列インデックスBMRow, BMColを決定する。加えて、ピクセル (BMRow, BMCol) でのビットマップ・イメージの深さ値を、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow, icol) に対応する環境マップのピクセルの深さ値と比較する。ビットマップ・イメージのピクセル (BMRow, BMCol) の深さ値が、ビットマップ・イメージのピクセル (BMRow, BMCol) の方が、環境マップのピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すならば、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow, icol) の色値を、インデックス (BMRow, BMCol) によって識別されるピクセルでのビットマップ・イメージの色値に設定する。そうでなければ、ビュー・ウィンドウのピクセル (irow, icol) の色値を、環境マップの対応するピクセルの色値に設定する。

【0144】この処理は、複数のビットマップ・イメージおよび/または環境マップの間で部分的 (または完全) なオクルージョンが生じたとき、ふさぐとき、ビットマップ・イメージまたは環境マップを表示し、ビュー・ウィンドウのピクセルの深さ情報を記憶する深さバッファを要しない。

【0145】パノラマシーンを生成する際にビットマップ・イメージを環境マップと統合する機構を述べた上記の実施態様では、環境マップに対するビットマップ・イメージの位置および/または向きを変更して、そのようなビットマップ・イメージの動きを提供してもよい。そのうえ、ビットマップ・イメージを選択的に表示して、イメージのゆがみまたは他の所望の属性を提供してもよい。たとえば、それぞれが異なった位置に尾を有する同じ一匹の魚を表す4個のビットマップ・イメージを考えてみる。この場合、適切なビットマップ・イメージの選択を、表示されたビットマップ・イメージの向きの変化と同調させることにより、魚が泳いでいるように見せることができる。

【0146】加えて、ビットマップ・イメージに対して適切なスケーリング処理 (拡大/縮小) を実行することにより、ビットマップ・イメージの深さ値の変化を表してもよい。たとえば、ビットマップ・イメージをビュー・ポイントにより近づける (深さで) ならば、ビットマップ・イメージに対して拡大 (ズーム・イン) 処理を実行することができる。しかし、ビットマップ・イメージをビュー・ポイントからさらに遠ざける (深さで) ならば、ビットマップ・イメージに対して縮小 (ズーム・アウト) 処理を実行することができる。このシナリオでは、ビュー・ウィンドウとビットマップ・イメージとの間のマッピングは、ビットマップ・イメージのスケーリング処理を考慮に入れることになる。

【0147】上述の機構は、パノラマシーンをレンダリングするとき、1個以上のビットマップ・イメージを環境マップに統合することを考慮している。環境マップは、上述したような円筒環境マップであってもよい。しかし、この機構はこれには限定されず、いかなるタイプの環境マップとで使用してもよい。たとえば、環境マップは、立方体の環境マップ、球形の環境マップまたは、米国特許出願第60/022, 428号に記載のような多面形の環境マップであってもよい。

【0148】特定の実施態様を参照しながら本発明を示し、記載したが、当業者であれば、本発明の真髄および範囲を逸することなく、形態および詳細において前記およびその他の変形、省略および追加を成しうることを理解すべきである。

【0149】まとめとして、本発明の構成に関して以下の事項を開示する。

(1) シーンのビューを生成する方法であって、前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも1個のピクセルについて、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも1個の要素を決定するステップと、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも1個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とする方法。

(2) シーンのビューを生成する方法にあって、前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記ビットマップ・イメージの要

素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、前記ピクセルと関連する深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すならば、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とする方法。

(3) 前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントから遠いことを示すならば、前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出し、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する上記

(2) 記載の方法。

(4) 前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する深さ値を深さバッファに記憶する上記 (3) 記載の方法。

(5) 前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントに近いことを示すならば、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値にしたがって、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を更新する上記 (4) 記載の方法。

(6) 前記環境マップの前記要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップをさらに含み、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値から導出する上記 (2) 記載の方法。

(7) シーンのビューを生成する方法ステップを実行するために機械によって実行可能な命令のプログラムを具現化する機械読み出し可能なプログラム記憶装置において、前記方法ステップが、前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、

前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とするプログラム記憶装置。

(8) シーンのビューを生成する方法ステップを実行するために機械によって実行可能な命令のプログラムを具現化する機械読み出し可能なプログラム記憶装置において、前記方法が、前記シーンを表す環境マップの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップとは別にあるビットマップ・イメージの要素と関連する色値をメモリに記憶するステップと、前記ビットマップ・イメージの要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップと、前記環境マップの座標系に対して前記ビットマップ・イメージを向き付けするステップと、前記環境マップを、ピクセルの配列を含むビュー・ウィンドウに投影するステップと、前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記ビットマップ・イメージの少なくとも 1 個の要素を決定するステップと、前記ピクセルと関連する深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりもビュー・ポイントに近いことを示すならば、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出するステップと、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶するステップと、を含むことを特徴とするプログラム記憶装置。

(9) 前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも 1 個のピクセルについて、前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも 1 個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも 1 個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントから遠いことを示すならば、前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも 1 個の要素の色値に基づき、前記ピクセルの色値を導出し、前記ピクセルの導出した色値を表示のために記憶する上記

(8) 記載のプログラム記憶装置。

(10) 前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する深さ値を深さバッファに記憶する上記 (9) 記載の

プログラム記憶装置。

(11) 前記ビットマップ・イメージによってカバーされる前記ビュー・ウィンドウの前記少なくとも1個のピクセルについて、前記ピクセルと関連する前記深さ値および前記少なくとも1個の要素と関連する前記深さ値が、前記少なくとも1個の要素が前記ピクセルよりも前記ビュー・ポイントに近いことを示すならば、前記ビットマップ・イメージの前記少なくとも1個の要素と関連する前記深さ値にしたがって、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を更新する上記

(10) 記載のプログラム記憶装置。

(12) 前記環境マップの前記要素と関連する深さ値をメモリに記憶するステップをさらに含み、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルと関連する前記深さ値を、前記ビュー・ウィンドウの前記ピクセルに対応する、前記環境マップの少なくとも1個の要素と関連する深さ値から導出する上記(8)記載のプログラム記憶装置。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の好ましい実施態様に用いることができるコンピュータ処理システムの機能ブロック図である。

【図2】円筒環境マップの円筒、円筒軸、軸の原点、第二の座標軸および第三の座標軸を示す図である。

【図3】図2の円筒を矩形区域に分割した図である。

【図4】図3の円筒の原点(O)および矩形区域(abcd)によって画定される角錐形体積(OABCD)を示す図である。

【図5】図2の円筒の一部(abcdef)を円筒軸に平行な面(ABCDEF)に投影した図である。

【図6】図5の円筒および投影面を円筒軸の上から見た図である。

【図7】図5の円筒および投影面を、円筒軸および投影面の中心線(BE)を含む面に垂直な方向から見た図である。

【図8】それぞれが90°の水平視野を有する4個のイメージを円筒環境マップの円筒にマッピングしたものを円筒軸の上から見た図である。

【図9】水平視野 α を有する一つのイメージを円筒環境マップの円筒にマッピングしたものを円筒軸の上から見た図である。

【図10】水平視野 α を有するイメージを円筒にマッピングしたものを、図9に示す円筒軸に垂直な面A-Aの方向から見た側面図である。

【図11】水平視野 α を有するイメージを円筒にマッピングしたものを、図9に示す円筒軸に垂直な面B-Bの方向から見た側面図である。

【図12】図8に示す円筒に対する4個のイメージのマッピングから導出される、展開した円筒環境マップを示す図である。

【図13】本発明にしたがって円筒環境マップの円筒にイメージをマッピングするのに使用される角度 θ 、

θ_1 、 α および δ を示す図である。

【図14】イメージを円筒にマッピングするのに使用されるPanRowとImgRowとの関係を示す図である。

【図15】トップ・イメージ中の点に関するPanRowとRtopとの関係を示す図である。

【図16】トップ・イメージ中の点の位置を示す図である。

【図17】視野と、その視野に入る円筒環境マップの部分が投影されるところの、視野に対応するビュー面とを示す図である。

【図18】円筒環境マップの一部をビュー・ウィンドウに投影した側面図である。

【図19】円筒環境マップの一部をビュー・ウィンドウに投影した側面図である。

【図20】本発明にしたがってサイド・イメージをトップ・イメージおよび/またはボトム・イメージとともに円筒環境マップにマッピングする際のシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図21】行列に分割されたサイド・イメージおよびデータを示す図である。

【図22】図21のサイド・イメージのピクセルごとに記憶されるデータを示す図である。

【図23】行列に分割されたトップ・イメージを示す図である。

【図24】図23のトップ・イメージのピクセルごとに記憶されるデータを示す図である。

【図25】サイド・イメージ、トップ・イメージまたはボトム・イメージ中の対応するピクセルの内部の円筒の列のピクセルを満たす際のシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図26】円筒の列中の所与のピクセルに対応するトップ・イメージまたはボトム・イメージ中のピクセルを決定する際のシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図27】円筒環境マップにマッピングされたパノラマイメージのビューを生成する際のシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図28】本発明にしたがってビュー・ウィンドウの選択された列のピクセルをレンダリングする際のシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図29】サーバに記憶された、解像度が漸進的に高まる複数の環境マップを操作する際のクライアントおよびサーバの動作を示す図である。

【図30】サーバに記憶された、解像度が漸進的に高まる複数の環境マップを操作する際のクライアントおよびサーバの動作を示す図である。

【図31】サーバに記憶された、解像度が漸進的に高まる複数の環境マップを操作する際のクライアントおよびサーバの動作を示す図である。

【図32】本発明にしたがってビットマップ・イメージ

および環境マップをレンダリングするためのシステムの動作を説明するフロー・チャートである。

【図 3 3】ビットマップ・イメージと円筒環境マップとの空間的関係を示す図である。

【図 3 4】ビットマップ・イメージに特徴的な方位角を示す、円筒軸を上から見た円筒環境マップの平面図である。

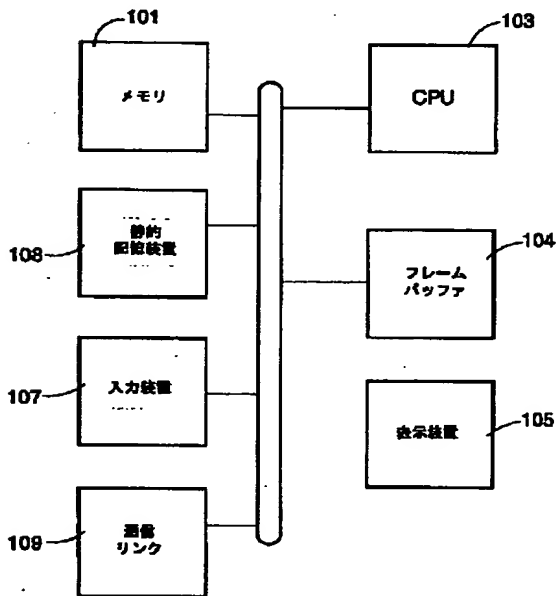
【図 3 5】ビットマップ・イメージに特徴的な仰角を示す、円筒の第二および第三の軸の面から見た円筒環境マ

ップの図である。

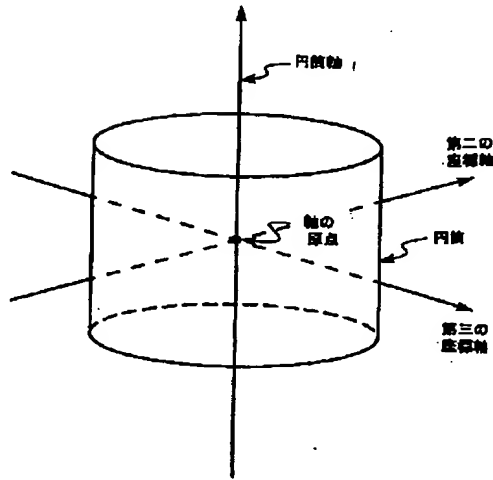
【符号の説明】

- 101 メモリ
- 103 CPU
- 104 フレームバッファ
- 105 表示装置
- 107 入力装置
- 108 不揮発性記憶装置
- 109 通信リンク

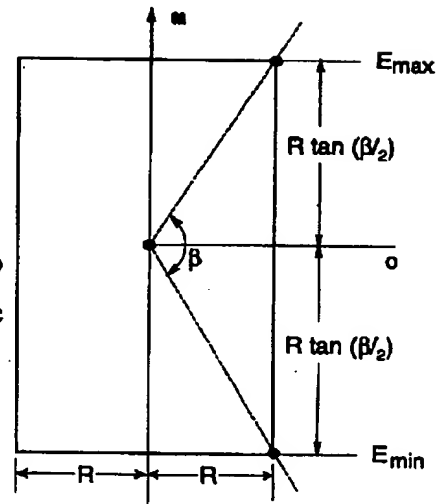
【図 1】



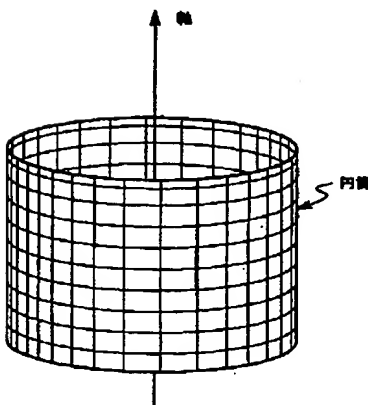
【図 2】



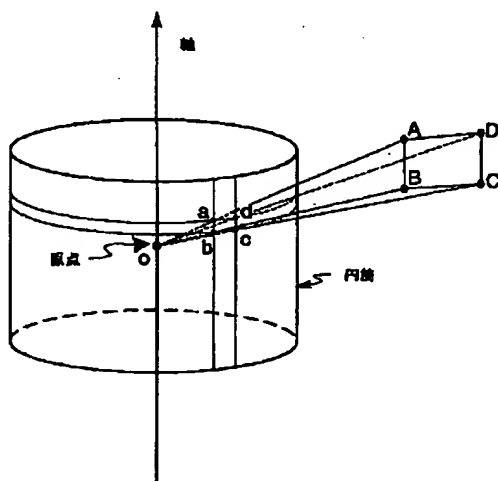
【図 10】



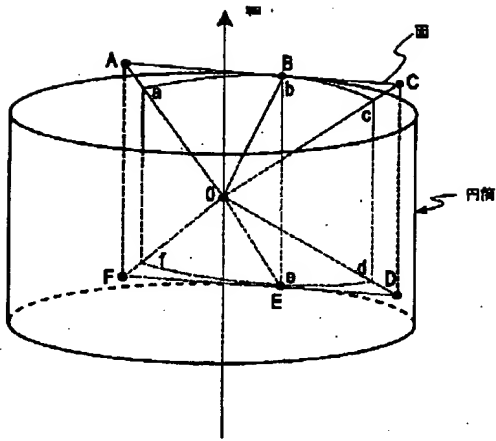
【図 3】



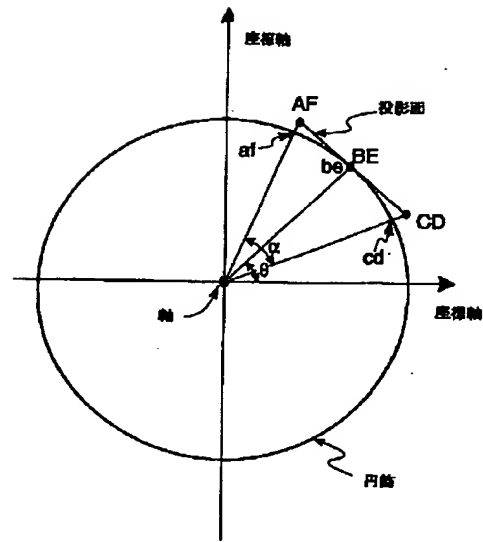
【図 4】



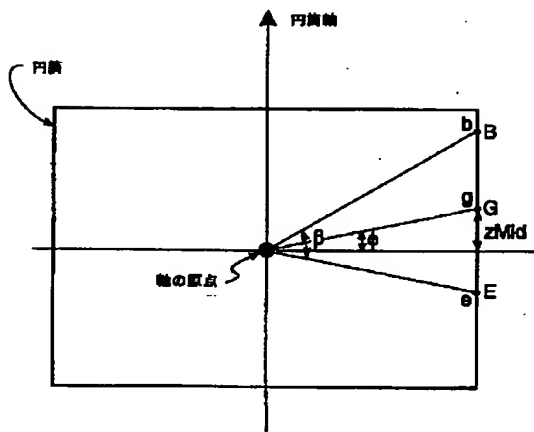
【図 5】



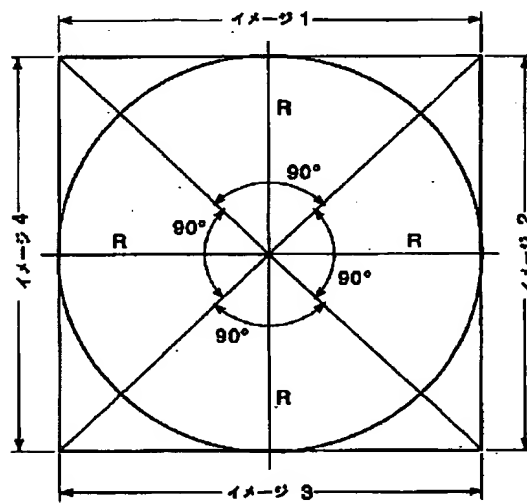
【図 6】



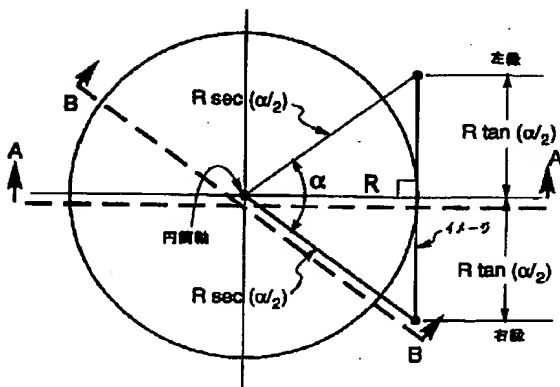
【図 7】



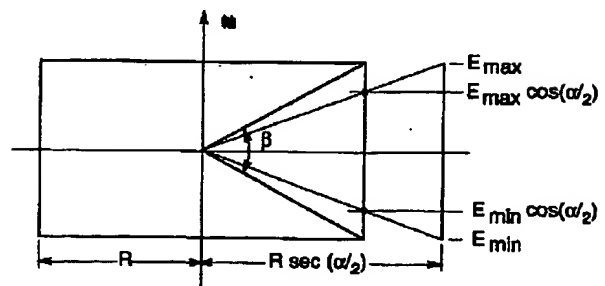
【図 8】



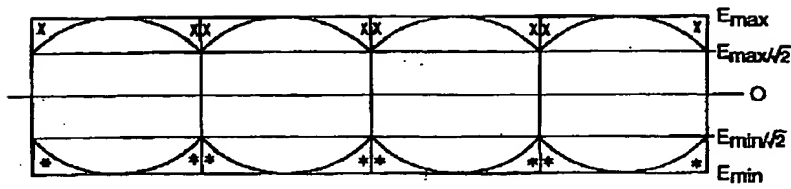
【図 9】



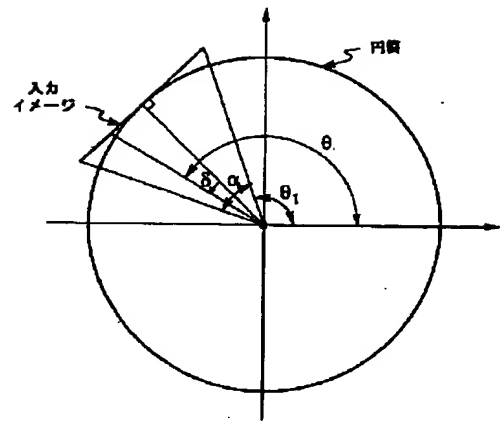
【図 11】



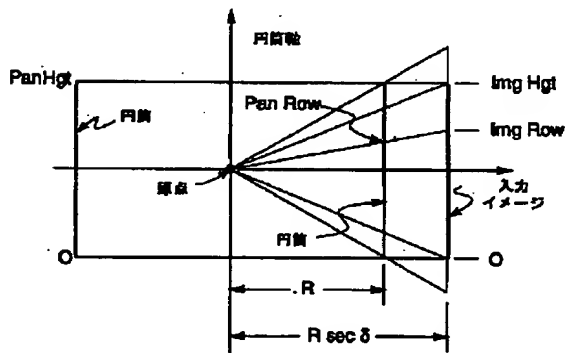
【図 12】



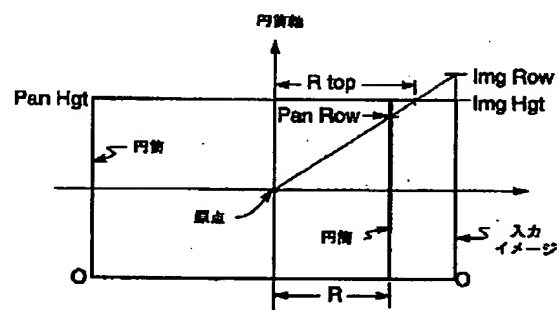
【図 13】



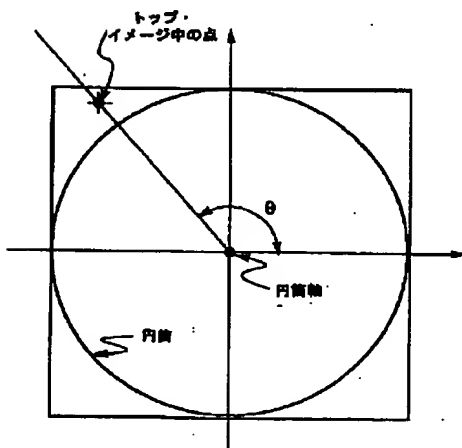
【図 14】



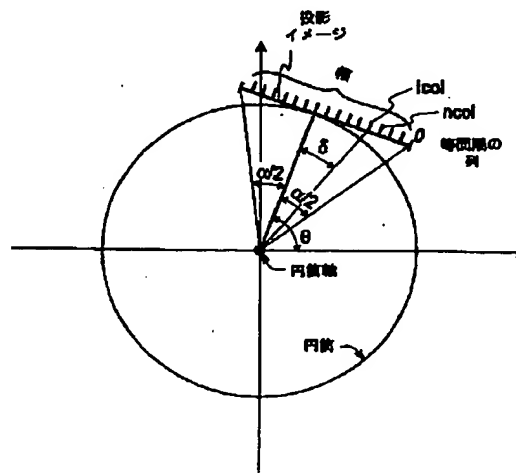
【図 15】



【図 16】



【図 17】



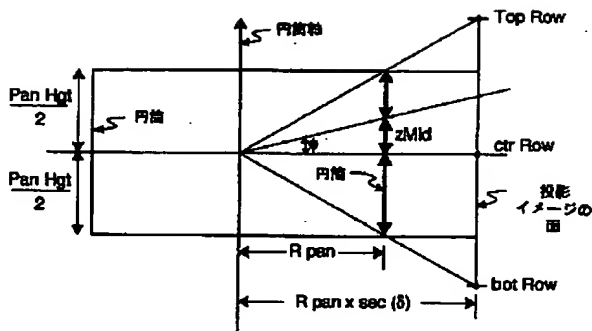
【図 22】

色データ	Zデータ	Mデータ
------	------	------

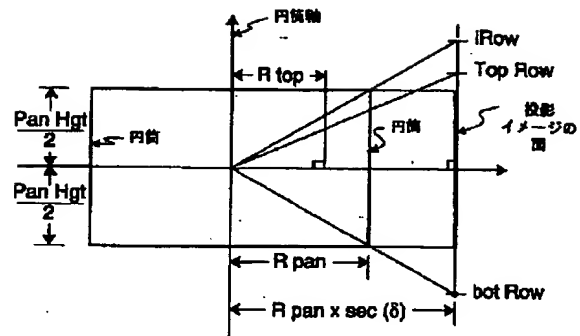
【図 24】

色データ	Zデータ	Mデータ
------	------	------

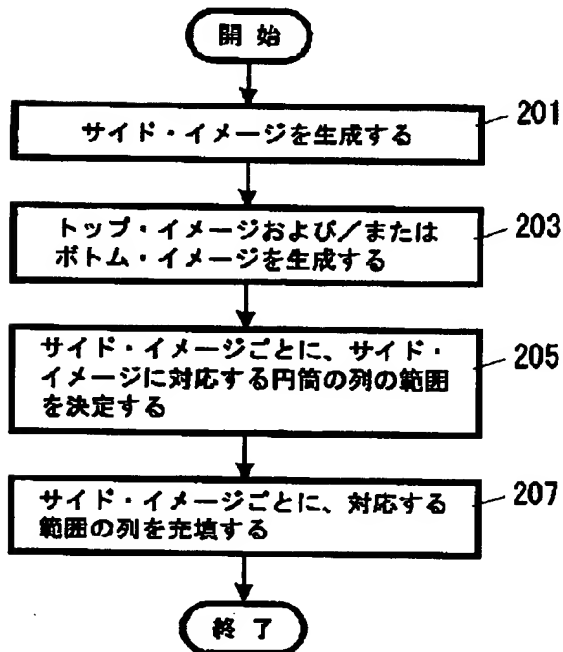
【図 18】



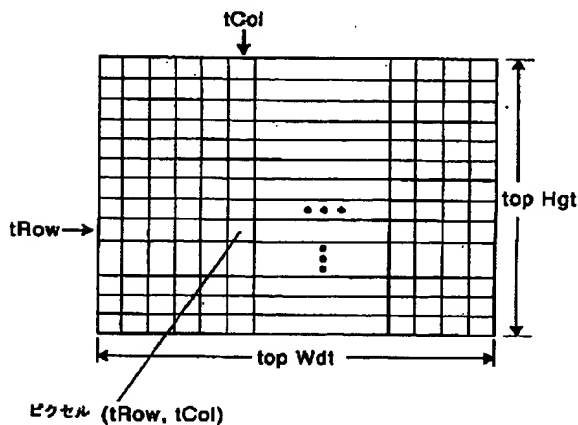
【図 19】



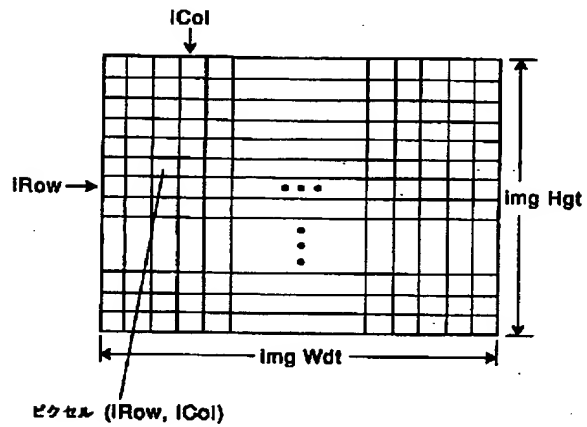
【図 20】



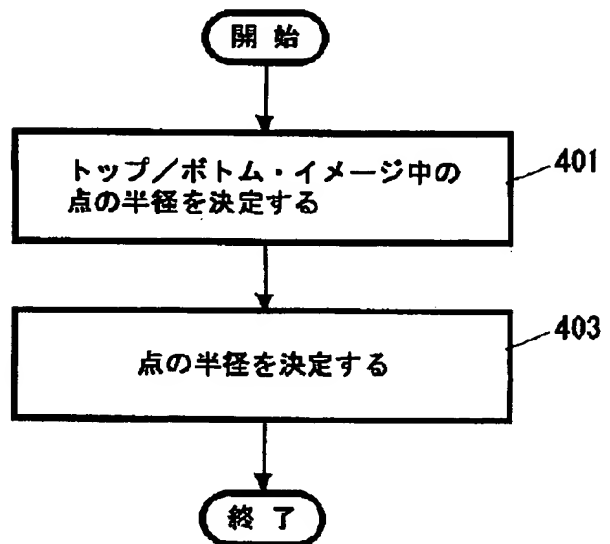
【図 23】



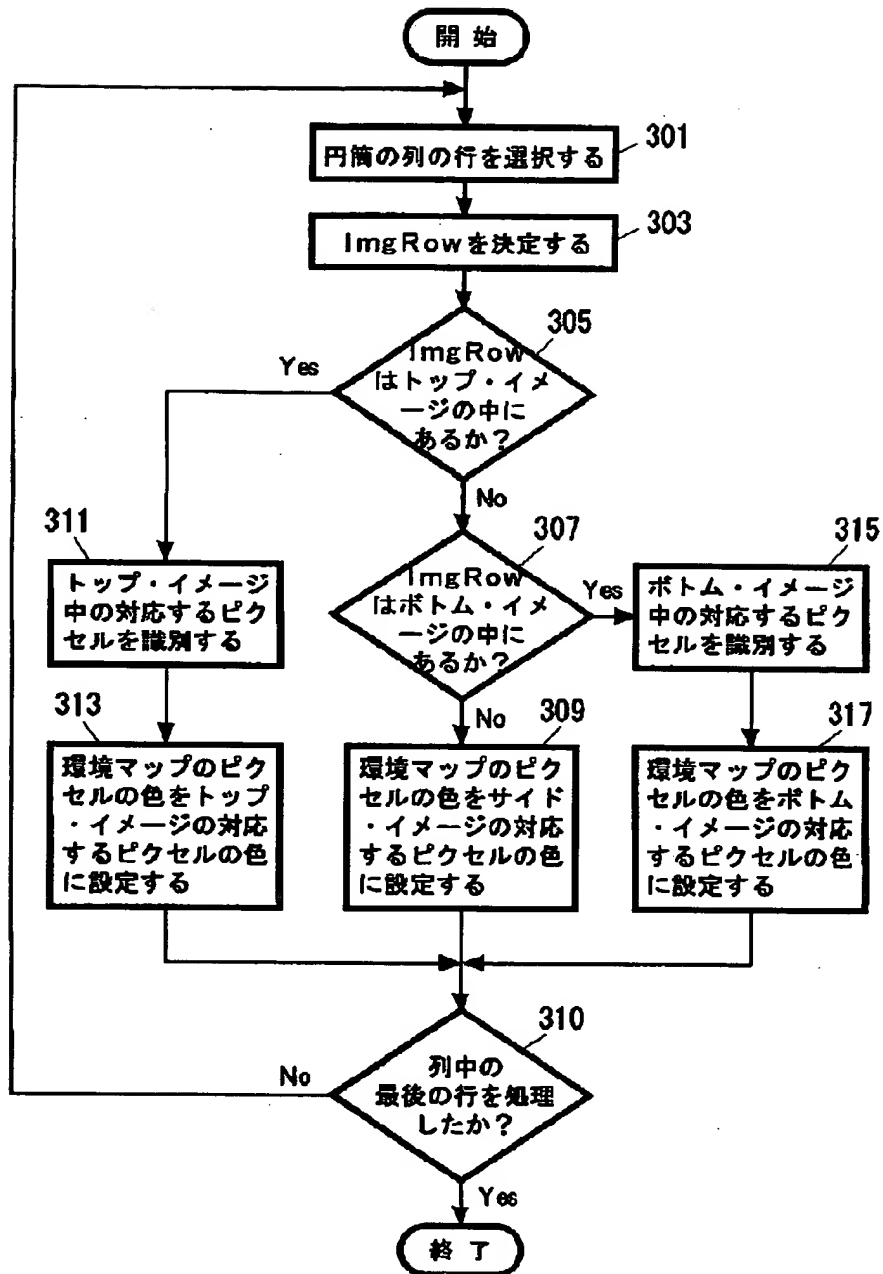
【図 21】



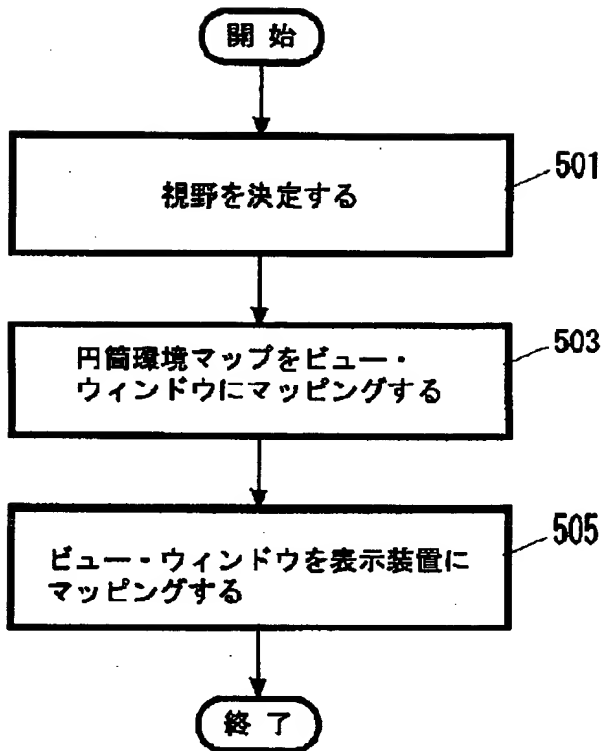
【図 26】



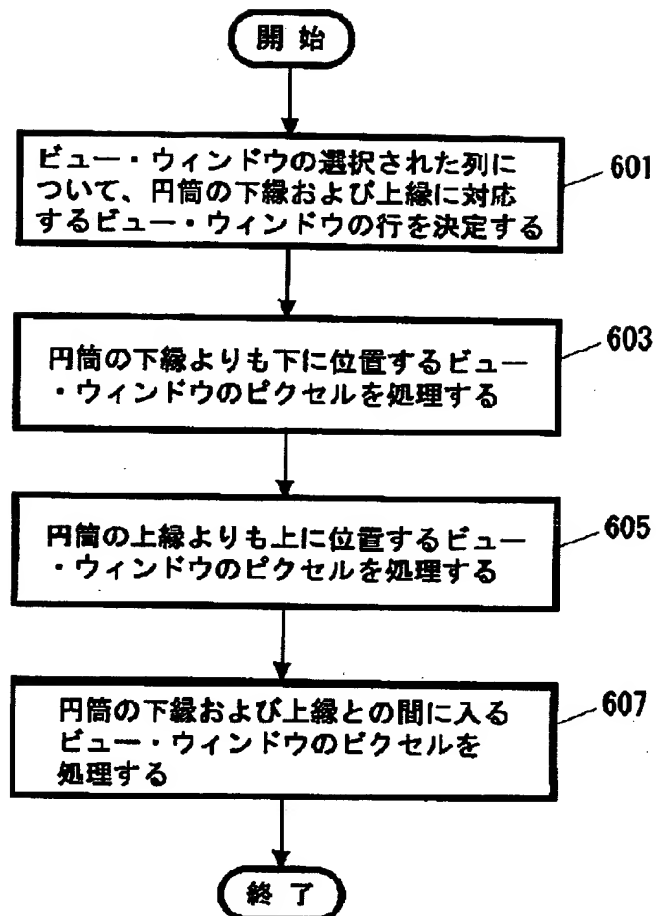
【図 25】



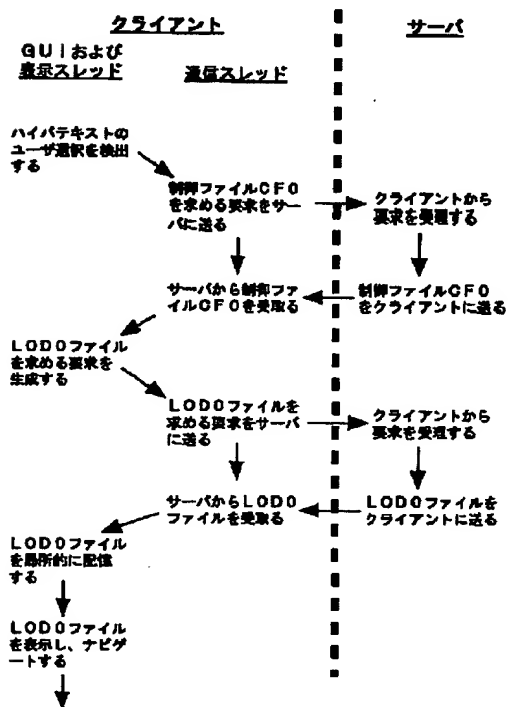
【図 27】



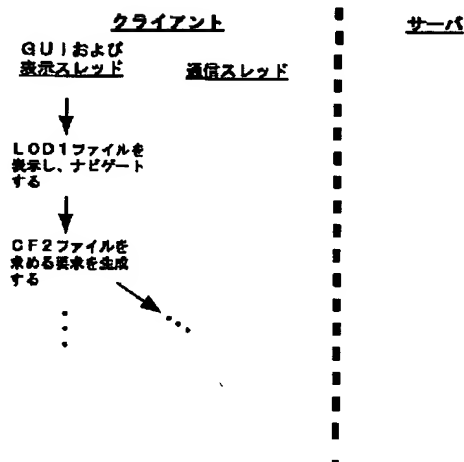
【図 28】



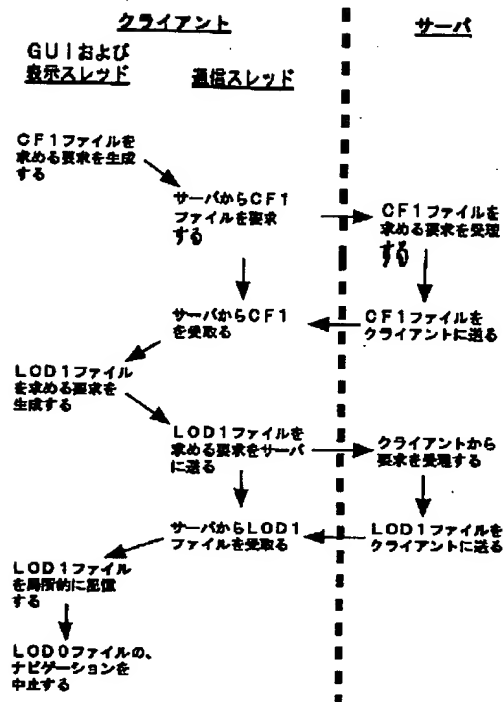
【図 29】



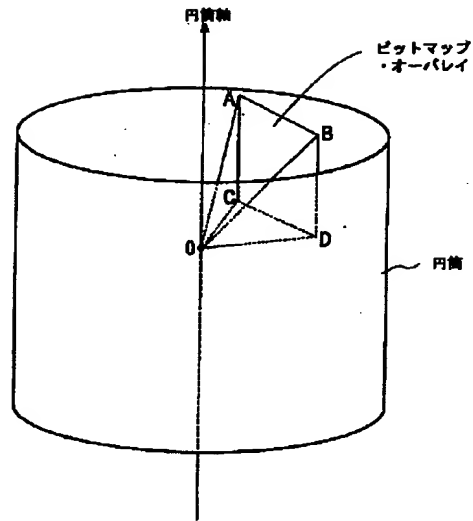
【図 31】



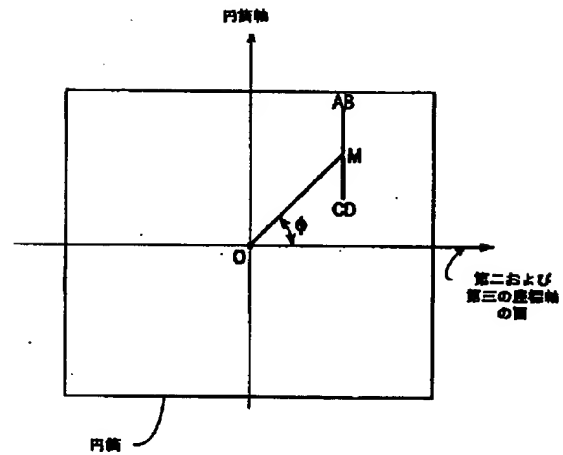
【図 30】



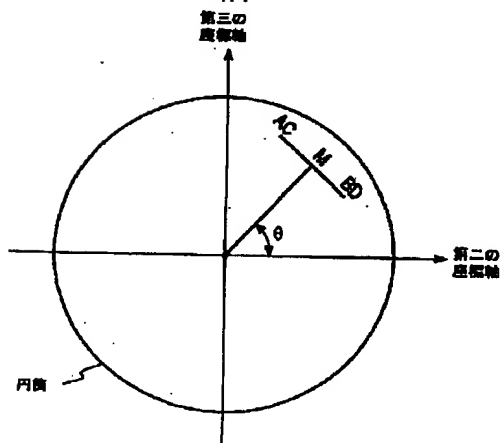
【図 33】



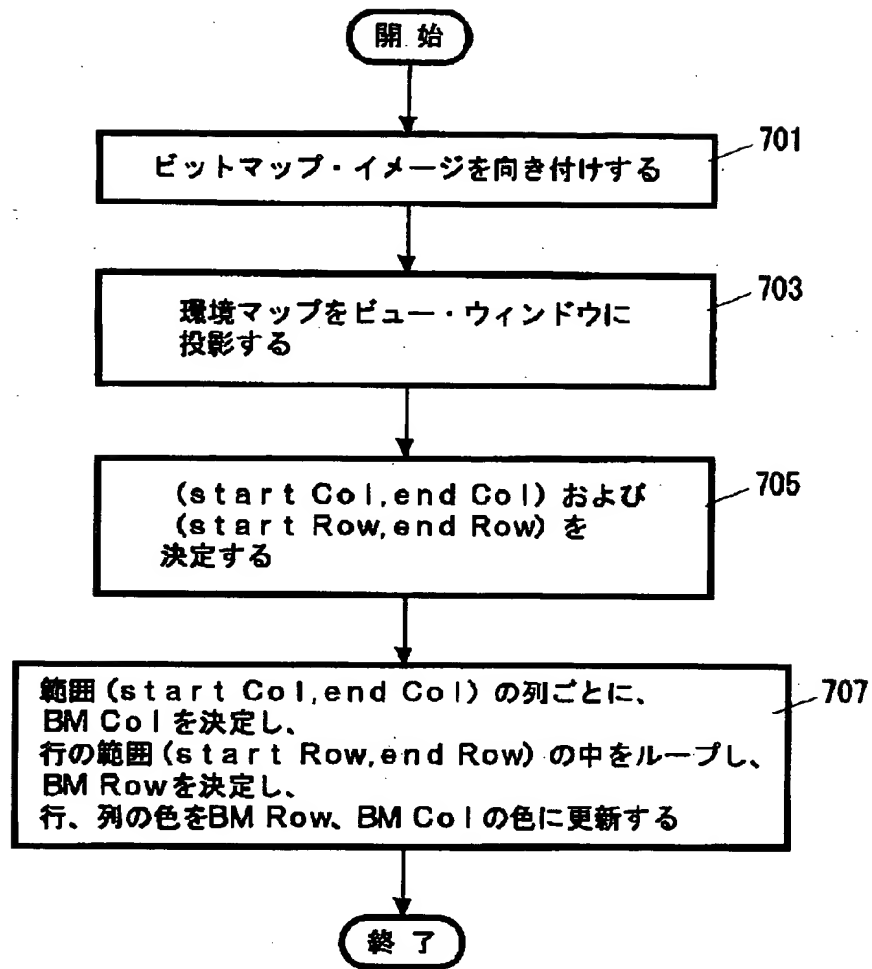
【図 35】



【図 34】



【図 32】



フロントページの続き

(72)発明者 ウィリアム・ルイス・ルケン
アメリカ合衆国10598、 ニューヨーク州
ヨークタウン ハイツ ファーム ウォ
ーク ロード 2924

(72)発明者 ジャイ・ビー・メノン
アメリカ合衆国105666、 ニューヨーク州
ピークスビル キャンパス ロード 55

THIS PAGE BLANK (USPTO)